

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



TESIS

**DESARROLLO DE ALEACIONES ALUMINIO COBRE DE ALTO
DESEMPEÑO PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ**

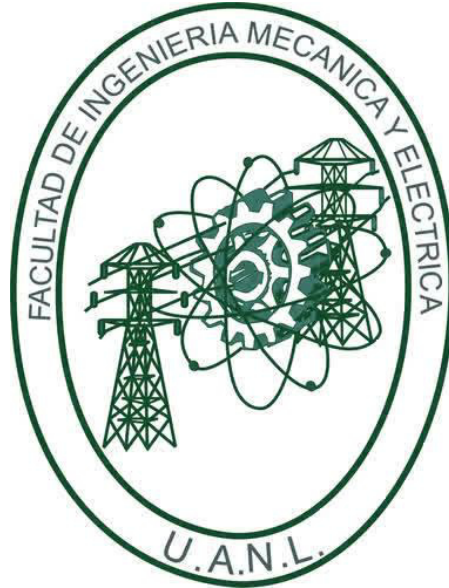
POR

M.C. ALMA GRACIELA ESMERALDA GÓMEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN INGENIERÍA DE MATERIALES**

MAYO, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



TESIS

**DESARROLLO DE ALEACIONES ALUMINIO COBRE DE ALTO
DESEMPEÑO PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ**

POR

M.C. ALMA GRACIELA ESMERALDA GÓMEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN INGENIERÍA DE MATERIALES**

MAYO, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SUBDIRECCION DE POSGRADO

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis "**Desarrollo de aleaciones aluminio cobre de alto desempeño para la industria automotriz**", realizada por la estudiante Alma Graciela Esmeralda Gómez, con matrícula 1541991, sea aceptada para su defensa como opción al grado de Doctor en Ingeniería de Materiales.

COMITÉ DE TESIS



Dr. Andrés Rodríguez J.
Revisor



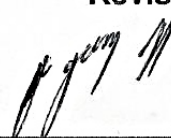
Dr. Rafael Colás Ortiz
Asesor



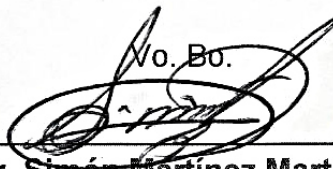
Dr. Alejandro González V.
Revisor



Dr. Rubén Torres G.
Revisor



Dr. Arturo Juárez H.
Revisor



Dr. Simón Martínez Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado



San Nicolás de los Garza, Nuevo León, Agosto de 2017

DEDICATORIA

*A mí hija Ana Lucía Cantú que representa mi mayor motivación
desde que llego a este mundo.*

A mi familia que siempre ha sido un gran apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Nuevo León y a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica por la oportunidad de ingresar al programa de Doctorado de Ingeniería de Materiales.

Al Doctor Rafael Colás por brindarme su apoyo y asesoría en la realización de este trabajo.

A la empresa Nemak que me permitió el uso de sus instalaciones y equipos, en particular el Doctor José Talamantes por su apoyo para realizar el presente trabajo en el área de investigación y desarrollo.

Al Doctor Andrés Rodríguez por brindarme su mentoría y acompañamiento durante la realización de mi trabajo.

Y a mis amigos y compañeros del laboratorio de Investigación y Desarrollo por su apoyo a lo largo de mi estadía en la empresa Nemak Alex, Efrén, Lázaro, Fer, Flaco, Mike, Juan Pablo, Aldo, Diana, Gil, Tije, Pablito, Marcos y Chon.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRDECIMIENTOS	ii
RESUMEN	1
CAPITULO I INTRODUCCIÓN	5
CAPITULO II ANTECEDENTES	6
2.1 Aleaciones de aluminio.	6
2.2 Sistema aluminio-cobre.	8
2.3 Solidificación en sistema Al-Cu.	9
2.4 Tratamiento térmico en aleación Al-Cu.	11
2.4.1 Tratamiento térmico de solución.	12
2.4.2 Tratamiento térmico de temple.	13
2.4.3 Tratamiento térmico de envejecido.	13
2.5 Endurecimiento por precipitación.	14
2.6 Resistencia a alta temperatura.	20
2.7 Transferencia de calor.	22
2.7.1 Conducción de calor.	22
2.7.2 Convección de calor.	23
2.7.3 Radiación de calor.	23

2.8 Conductividad térmica en aleaciones de aluminio.	23
2.8.1 Método láser flash.	25
2.9 Propiedades mecánicas en aleaciones de aluminio.	27
 CAPITULO III PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	 31
3.1 Introducción.	31
3.2 Vaciado de muestras.	32
3.3 Caracterización microestructural.	35
3.3.1 Medición de tamaño de grano.	35
3.3.2 Medición de porosidad.	35
3.4 Parámetros de tratamiento térmico.	36
3.5 Ensayo de tensión.	37
3.6 Análisis de conductividad térmica.	38
 CAPITULO IV RESULTADOS.	 40
4.1 Introducción.	40
4.2 Aleación RR350.	41
4.2.1 Caracterización microestructural de aleación RR350.	41
4.2.2 Propiedades mecánicas de aleación RR350.	43
4.2.3 Conductividad térmica de aleación RR350.	44
4.3 Aleación 206+Zr.	46
4.3.1 Caracterización microestructural de aleación 206+Zr.	46
4.3.2 Propiedades mecánicas de aleación 206+Zr.	48

4.3.3 Conductividad térmica de aleación 206+Zr.	49
4.4 Aleación AlCu5XX.	51
4.4.1 Caracterización microestructural de aleación AlCu5XX.	51
4.4.2 Propiedades mecánicas de aleación AlCu5XX.	53
4.4.3 Conductividad térmica de aleación AlCu5MnZr.	54
4.5 Aleación AlCu6XX.	56
4.5.1 Caracterización microestructural de aleación AlCu6XX.	56
4.5.2 Propiedades mecánicas de aleación AlCu6XX.	58
4.5.3 Conductividad térmica de aleación AlCu6XX.	59
4.6 Aleación AlCu7XX.	61
4.6.1 Caracterización microestructural de aleación AlCu7XX.	61
4.6.2 Propiedades mecánicas de aleación AlCu7XX.	63
4.6.3 Conductividad térmica de aleación AlCu7XX.	64
CAPITULO V DISCUSION	66
5.1 Introducción.	66
5.2 Aleación RR350.	67
5.2.1 Caracterización microestructural de aleación RR350.	67
5.2.2 Propiedades mecánicas de aleación RR350.	68
5.2.3 Conductividad térmica de aleación RR350.	69
5.3 Aleación 206+Zr.	70
5.3.1 Caracterización microestructural de aleación 206+Zr.	70
5.3.2 Propiedades mecánicas de aleación 206+Zr.	71

5.3.3 Conductividad térmica de aleación 206+Zr.	72
5.4 Aleación AlCu5XX.	73
5.4.1 Caracterización microestructural de aleación AlCu5XX.	73
5.4.2 Propiedades mecánicas de aleación AlCu5XX.	74
5.4.3 Conductividad térmica de aleación AlCu5XX.	75
5.5 Aleación AlCu6XX.	76
5.5.1 Caracterización microestructural de aleación AlCu6XX.	76
5.5.2 Propiedades mecánicas de aleación AlCu6XX.	77
5.5.3 Conductividad térmica de aleación AlCu6XX.	78
5.6 Aleación AlCu7XX.	79
5.6.1 Caracterización microestructural de aleación AlCu7XX.	79
5.6.2 Propiedades mecánicas de aleación AlCu7XX.	80
5.6.3 Conductividad térmica de aleación AlCu7XX.	81
5.7 Ensayo de tensión para aleaciones estudiadas.	82
5.8 Conductividad térmica para aleaciones estudiadas.	85
CAPITULO VI CONCLUSIONES	88
6.1 Conclusiones microestructurales.	88
6.2 Conclusiones sobre propiedades mecánicas.	89
6.3 Conclusiones sobre propiedades térmicas.	90
6.4 Aporte científico del trabajo de investigación.	92
6.5 Aporte tecnológico del trabajo de investigación.	93

CAPITULO VII	RECOMENDACIONES	94
7.1	Recomendaciones.	94
REFERENCIAS		95
Lista de Figuras		103
Lista de Tablas		110
Apéndice A	Tablas de resultados completos de ensayo de Tensión para aleación RR350.	112
	Tablas de resultados de conductividad térmica para aleación RR350.	113
Apéndice B	Tablas de resultados completos de ensayo de tensión para aleación 206+Zr.	123
	Tablas de resultados de conductividad térmica para aleación 206+Zr.	124
Apéndice C	Tablas de resultados completos de ensayo de tensión para aleación AlCu5XX.	133
	Tablas de resultados de conductividad térmica para aleación AlCu5XX.	134
Apéndice D	Tablas de resultados completos de ensayo de tensión para aleación AlCu6XX.	143
	Tablas de resultados de conductividad térmica para aleación AlCu6XX.	144
Apéndice E	Tablas de resultados completos de ensayo de tensión para aleación AlCu7XX.	154

Tablas de resultados de conductividad térmica para aleación AlCu7XX.	155
Resumen autobiográfico	166
Publicaciones científicas	168

RESUMEN

Las aleaciones de aluminio se caracterizan por su baja densidad y su buena conductividad térmica, características por lo que son ampliamente utilizadas en la manufactura de componentes automotrices.

El reto principal de la industria automotriz es obtener aleaciones de aluminio que; adicional a las características anteriormente mencionadas, tengan una buena resistencia mecánica para soportar altas presiones y temperaturas, bajo las condiciones que están sometidas en los motores de combustión interna.

Aleaciones comerciales de aluminio tratables serie 3xx son utilizadas actualmente pero el cambio en diseño a motores más pequeños pero con mayor densidad de potencia hace imposible seguir utilizando este tipo de aleaciones, por lo que se buscan constantemente alternativas para obtener aleaciones que soporten las mismas condiciones y se tenga un mayor desempeño. Es así que, múltiples investigaciones han encontrado que las aleaciones tratables de aluminio serie 2xx pueden ser aplicadas en estas condiciones de operación, los principales inconvenientes son los costos y su vaciabilidad.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se evaluaron cinco aleaciones de aluminio pertenecientes a la familia de las aleaciones tratables 2XX (Al-Cu), este grupo de aleaciones se utilizan para la manufactura de componentes automotrices que están sujetos a trabajar a altas presiones y elevadas temperaturas.

La primera aleación seleccionada para estudiar fue la RR350, la cual contiene Ni, Co, Sb y Zr elementos a los que se atribuye su resistencia a elevadas temperaturas, pero por consecuencia resulta ser una aleación muy costosa. Otra de las aleaciones seleccionadas para el estudio fue la aleación comercial 206, se varió el contenido de Zr, para promover una resistencia mecánica adecuada a elevadas temperaturas.

Finalmente se propuso estudiar una aleación AlCuXX, propiedad intelectual de la empresa Nemak, pero modificando el contenido de Cu, resultando tres composiciones diferentes, esto principalmente para evaluar el efecto en resistencia mecánica y conductividad con el contenido de este elemento ya que podría significar un ahorro importante al trabajar con aleaciones con contenido de Cu más bajos a los actuales y sin elementos de aleación tan costosos como los de la RR350 pero sin sacrificar la resistencia y conductividad necesaria.

Las aleaciones RR350, AlCu5MgZr (206) y AlCuXX pertenecientes a la familia de aleaciones Al-Cu, cuentan con los requerimientos para la demanda actual de mercado, sin embargo existe la desventaja de mayor costo contra las aleaciones comerciales actuales, por ser fabricadas a partir de lingote primario y por su alto contenido de Cu y otros elementos de alto costo.

Con esta investigación se busca evaluar el comportamiento de las propiedades mecánicas de tensión a alta temperatura así como la conductividad térmica a través de la medición de difusividad en cada una de estas aleaciones de la familia 2XX.

El objetivo primordial del presente trabajo consiste en encontrar una variante entre las aleaciones RR350, 206 con zirconio y variantes de la AlCuXX que cuenten con propiedades similares o de ser posible mejorarlas pero con un costo más accesible.

Por consiguiente, es importante conocer y entender que mecanismos aportan buena resistencia en estas aleaciones hasta los 300°C y posteriormente buscar migrar a variaciones dentro del mismo sistema con menos costo sin sacrificar su comportamiento mecánico a altas temperaturas.

La metodología experimental consistió en vaciar muestras con una velocidad de solidificación direccionada de las cuales se evaluaron muestras con la velocidad de solidificación equivalente a zonas específicas de componentes automotrices que están

sometidos a altos requerimientos mecánicos y térmicos como lo son las cámaras de combustión, mamelones de fijación y la cara de cámara de combustión. Posteriormente al seccionado, se sometieron a tratamiento térmico de solución, temple en agua y envejecido, todo esto bajo los parámetros comerciales de tiempo y temperatura utilizados para cada una. Adicionalmente, se realizó un tratamiento de post envejecido por 200hr, según la temperatura de ensayo 150, 200, 250 y 300°C para simular las condiciones de temperatura bajo las cuales están sometidos los motores de combustión interna y los resultados son comparados con muestras sin post envejecido (25°C). Se realizaron ensayos de tracción en una maquina universal marca Zwick-Roell que cuenta con una cámara ambiental siguiendo la norma ASTM E8.

Así mismo, se maquinaron cilindros de 1cm de diámetro y fueron tratados bajo los parámetros de tratamiento antes mencionados, posteriormente se cortaron discos de 2mm de espesor para cada una de las condiciones y se les aplicó pintura de grafito para crear un cuerpo negro y mejorar la absorción de la luz al realizarles la medición de difusividad térmica todo esto bajo norma E1416-07 método estándar laser flash para pruebas de Difusividad Térmica.

Una de las principales conclusiones de este trabajo es que la velocidad de solidificación afecta de manera importante. Al aumentar la velocidad de solidificación se obtienen mejores valores de resistencia mecánica y se disminuye la porosidad, tamaño de grano y cantidad de fases segregadas en los bordes de grano como se muestra en las micrografías, todo esto hasta temperaturas de ensayos de 200°C, a temperaturas superiores este efecto deja de ser dominante.

Se encontró que al aumentar el contenido de Cu, la precipitación de fases en las fronteras de grano es más abundante ya que este elemento se vuelve más insoluble en la matriz de aluminio.

Otra de las conclusiones es que la aleación 206+Zr se mostró muy superior en resistencia en comparación al resto de las aleaciones hasta 200°C, mostrando que a esta

temperatura, el contenido de Cu no es el responsable total en la resistencia ya que las aleaciones con mayor contenido como la AlCu5.8XX y la AlCu7XX mostraron resistencias menores. La alta resistencia de la aleación 206+Zr se puede atribuir a la formación de intermetálicos de Mg y Cu (Al_2MgCu , AlFeCu_2 y Mg_2Si).

Se observa una mejor conductividad térmica a mayores velocidades de solidificación, así mismo al incrementar la temperatura de post envejecido se favorece notablemente el valor de la conductividad de las aleaciones. La aleación que mostro mejores valores de conductividad térmica superiores al resto fue la AlCu5MnZr.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN.

La creciente demanda por la producción de vehículos más eficientes con mayor potencia y menor consumo de gasolina lleva al desarrollo de nuevos motores con geometrías más complejas y paredes más delgadas, características que las aleaciones comerciales de aluminio con las que son fabricados en la actualidad no pueden cumplir satisfactoriamente, por ello se está buscando el desarrollo de nuevas aleaciones que puedan cumplir con las demandas comerciales actuales.

En la actualidad las aleaciones de aluminio serie 3XX predominan en la producción de cabezas y monoblock de automóviles comerciales por su elevada resistencia obtenida por la formación de precipitados ricos en cobre (Al_2Cu) y magnesio (Mg_2Si), estos precipitados se encuentran en forma fina y dispersa dentro de la matriz de aluminio ^[1], sin embargo, estas aleaciones están comenzando a dejar de ser la opción más apta por los altos requerimientos de resistencia en motores con mayor potencia motriz, en su lugar están comenzando a utilizarse aleaciones de la serie 2XX que anteriormente solo eran empleadas en el mercado militar y aeroespacial por su buena resistencia mecánica, aun a elevadas temperaturas.

Por todo lo anterior es importante investigar aleaciones que puedan cumplir con los requerimientos actuales de la industria para los componentes automotrices, por ello el objetivo de este trabajo es sugerir una aleación Al-Cu que cumpla con los requerimientos y que sea costeable. El presente estudio se realizó en primera instancia como un aporte científico y tecnológico para el desarrollo una aleación que cumpla con las necesidades actuales de la industria automotriz, cabe destacar que esta investigación complementa trabajos previos similares, realizados en aleaciones comerciales de la serie 3XX utilizadas actualmente en la industria automotriz. ^[1,2]

CAPITULO II

ANTECEDENTES

2.1 Aleaciones de Aluminio

Actualmente, las aleaciones de aluminio son utilizadas en la industria automotriz por sus buenas propiedades mecánicas y baja densidad que conlleva a tener vehículos más eficientes con alta potencia motriz y una menor cantidad de emisiones al medio ambiente al disminuir significativamente el peso del automóvil. Se cuenta con cerca de 300 composiciones diferentes de aleaciones de aluminio registradas en la Asociación de Aluminio de los Estados Unidos ^[3,4].

Para las aleaciones de aluminio no existe un sistema internacionalmente aceptado para la nomenclatura, el sistema más común utilizado en América es el perteneciente a la asociación de Aluminio de los Estados Unidos. Las aleaciones de aluminio se clasifican principalmente en aleaciones de fundición o trabajadas, en las aleaciones de fundición que son las de interés para este trabajo se clasifican como se muestra en la Tabla 2.1. ^[5]

Tabla 2. 1 Clasificación de las aleaciones de Aluminio ^[5].

	Fundición	Trabajadas
Aluminio (99%)	1XX.X	
Al-Cu	2XX.X	1XX
Al-Si (Cu-Mg)	3XX.X	3XX
Al-Si	4XX.X	1-99
Al-Mg	5XX.X	2XX
Al-Zn	7XX.X	6XX
Al-Ag	8XX.X	7XX
Otros Elementos	9XX.X	7XX

Las exigencias actuales de la industria por la demanda de materiales metálicos ligeros y de alta resistencia mecánica hace a las aleaciones de aluminio (densidad 2.7-2.9 kg/m³) las más aptas para cumplir con estas características, especialmente en aplicaciones a temperatura ambiente y hasta 150°C, sin embargo en aplicaciones por arriba de esta

temperatura, las aleaciones de aluminio vaciadas comerciales serie 3xx.x que son las más utilizadas en la industria automotriz, pierden la resistencia mecánica muy abruptamente tal como lo muestra el estudio realizado en la Tesis “Propiedades mecánicas en aleaciones de aluminio vaciadas, desde temperatura ambiente hasta 300°C” [2].

Por lo anterior, las investigaciones actuales están orientadas a encontrar sistemas de aleación que cumplan con las expectativas de resistencia mecánica aun a elevadas temperaturas, para ello se estudian aleaciones de aluminio de alta resistencia que son denominadas también tratables o de fundición mostradas en la Tabla 2.1. [6]

Las aleaciones de aluminio de alta resistencia utilizadas a temperatura ambiente son, por lo general, del tipo denominado aleaciones tratables [5, 6, 8,9]. En estas aleaciones, los elementos aleantes entran en solución sólida mediante un tratamiento térmico adecuado y luego se temple hasta temperatura ambiente para conseguir una solución sólida sobresaturada. A continuación, se da un tratamiento térmico que produce la precipitación de fases. Las propiedades mecánicas así obtenidas se deben principalmente a la formación de precipitados coherentes o semicoherentes que, por lo general, son metaestables.

Los precipitados se forman a partir de los elementos: cobre, silicio, manganeso, magnesio y cinc, y de otros que aparecen en menor proporción tales como hierro y cromo. Sin embargo, dado que los cinco elementos mencionados en primer lugar son muy solubles en aluminio y su difusividad es grande, al someter las aleaciones a altas temperaturas, los precipitados o bien se disuelven, o bien crecen por maduración de Ostwald, perdiendo su coherencia, con la consiguiente pérdida de propiedades mecánicas de la aleación. Por tanto, es necesario buscar otros métodos de reforzamiento para las aleaciones de alta temperatura. [9,10]

2.2 Sistema Aluminio-Cobre

Por la naturaleza del presente trabajo, se describe el diagrama de fases Al-Cu que es la base para las aleaciones estudiadas, se puede observar en el diagrama de equilibrio que cuenta con un eutéctico a 548.2°C (Figura 2.1). El eutéctico está constituido por la solución de Al sólido, representado como α , y un compuesto intermetálico θ con una composición estequiométrica Al_2Cu .

Bajo una solidificación ideal en una aleación Al-Cu, el Al retiene en solución sólida hasta un 5.65% de Cu a la temperatura de 548.2°C, a medida que la temperatura disminuye, lo hace también la solubilidad del Cu en la matriz, es así que, a temperatura ambiente, solubiliza solamente 0.5% de Cu [2,11].

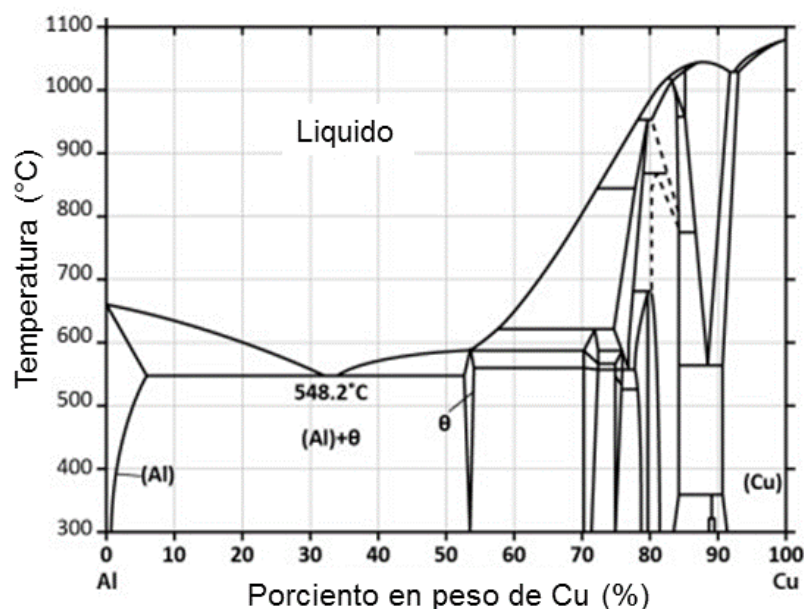


Figura 2.1 Diagrama de solubilidad Al-Cu mostrando la presencia de θ (Al_2Cu) [2,12].

Una característica desfavorable del sistema Al-Cu es la tendencia al agrietamiento en caliente y la poca resistencia a la corrosión por la presencia de Al_2Cu que este tipo de aleaciones presentan, pero a su vez, la gran ventaja que presentan es el endurecimiento por precipitación que se puede llegar a obtener mediante el tratamiento térmico adecuado, lo que las hace elegibles cuando lo que se busca es una buena resistencia mecánica [4,12,13].

Dentro de lo que se tiene que considerar para la aplicación de estas aleaciones es que durante el tratamiento térmico no se logra una completa solubilidad de la fase Al_2Cu , el tiempo de solución debe elegirse cuidadosamente para permitir la máxima disolución de esta fase intermetálica además de que un prolongado tiempo de solución conlleva a un proceso muy costoso. [4,12,14].

2.3 Solidificación en sistema Al-Cu

Se describen las características de solidificación para el sistema Al-Cu de manera general, referenciados en el estudio realizado por Lennard Bäckerud y coautores [15], donde se hace mención a la secuencia de reacciones que ocurren durante la solidificación de una aleación A206, cuya composición química estándar se muestra en la Tabla 2.2:

Tabla 2.2 Química estándar para aleación A206

Aleación	Cu	Mn	Ni	Ti	Zr	Co	Sb	Si	Fe	Al
A206	4.2-5.0	0.2-0.5	1.3-1.7	0.15-0.25	0.1-0.3	0.1-0.3	0.1-0.3	0.05	0.07	Bal

La secuencia de reacciones de solidificación para la química se muestra en la Tabla 2.3. [16]

Tabla 2.3 Reacciones de solidificación en una aleación tipo 206^[16]

Secuencia	Reacción	Temperatura aprox. (°C)
1	Desarrollo de red dendrítica Al primario	651-649
2	$\text{Liq} \rightarrow \text{Al} + \text{Al}_6(\text{MnCu}_2)$	649
3	$\text{Liq} + \text{Al}_6(\text{MnFeCu}) \rightarrow \text{Al} + \text{Al}_{20}\text{Mn}_3\text{Cu}_2$	616
4	$\text{Liq} \rightarrow \text{Al} + \text{Al}_2\text{Cu} + \text{Al}_2\text{Mn}_3\text{Cu}_2 + \text{Al}_2\text{FeCu}_2$	537
5	$\text{Liq} \rightarrow \text{Al} + \text{Al}_2\text{Cu} + \text{Al}_2\text{Mn}_3\text{Cu}_2 + \text{Mg}_2\text{Si}$	500

La tabla 2.4 indica características morfológicas y de tonalidad que presentan las fases durante la solidificación.

Tabla 2.4 Características de fases en aleación tipo A206. [16]

Secuencia	Fase	Características
1	$\alpha\text{-Al}$	Dendritas
2	$\text{Al} + \text{Al}_{20}\text{Mn}_3\text{Cu}_2$	Cuadros color café (oscuro)
3	Al_7FeCu_2	Agujas
4	Al_2Cu	Color rosado (claro)
5	$\text{Al}_6(\text{MnFeCu})$	Cuadros color café (oscuro)



Figura 2.2. Microestructura de aleación A206, con una velocidad de enfriamiento de 0.3 °C/s, 560X, se muestra la fase Al₇FeCu₂ en forma de agujas color café oscuro, Al₂Cu en color rosa (claro). ^[16]

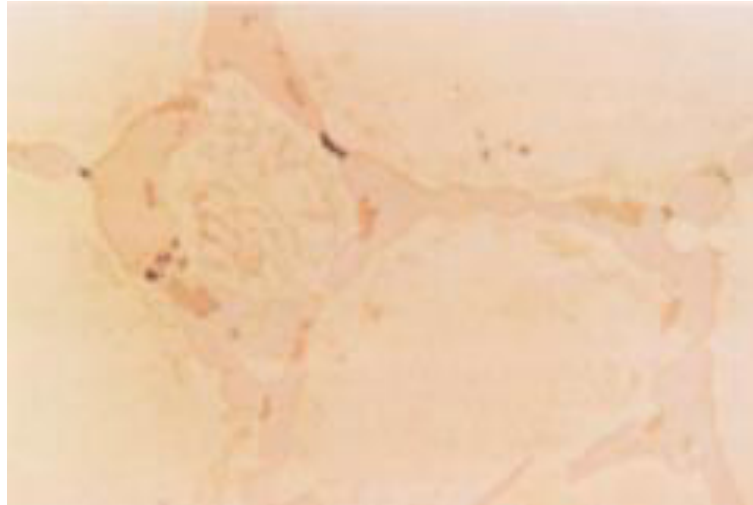


Figura 2.3. Microestructura de aleación A206, con una velocidad de enfriamiento de 0.6 °C/s, 560X. ^[16]

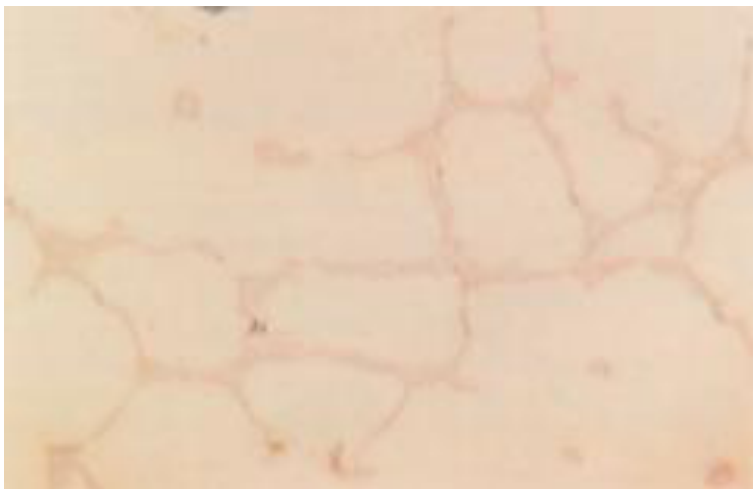


Figura 2.4. Microestructura de aleación A206, con una velocidad de enfriamiento de 4.5° C/s, 560X. ^[16]

2.4 Tratamiento Térmico en Aleaciones Al-Cu

Tratamiento térmico de una manera más amplia se refiere a cualquier operación de calentamiento y enfriamiento que se realiza con el propósito de cambiar las propiedades mecánicas, la estructura metalúrgica o el estado de esfuerzos residuales del metal.

Cuando se aplica el término de las aleaciones de aluminio, se refiere con frecuencia a operaciones específicas de precipitación empleadas para incrementar la resistencia y la dureza en aleaciones trabajadas o fundidas. Estas últimas se conocen como aleaciones tratables, ya que mediante calentamientos y enfriamientos se logra un incremento en propiedades, mientras que las primeras conocidas como no tratables térmicamente, dependen de un trabajado en frío para incrementar su dureza ^[1,17].

Las aleaciones de aluminio son tratables para principalmente para homogenizarlas, relajar esfuerzos residuales, mejorar la estabilidad y la maquinabilidad y optimizar su resistencia mecánica, ductilidad, dureza y resistencia a la corrosión.

En la figura 2.5 se muestran los rangos de temperaturas bajo los que se realizan cada una de las etapas de tratamiento térmico convencional para aleaciones de aluminio cobre.

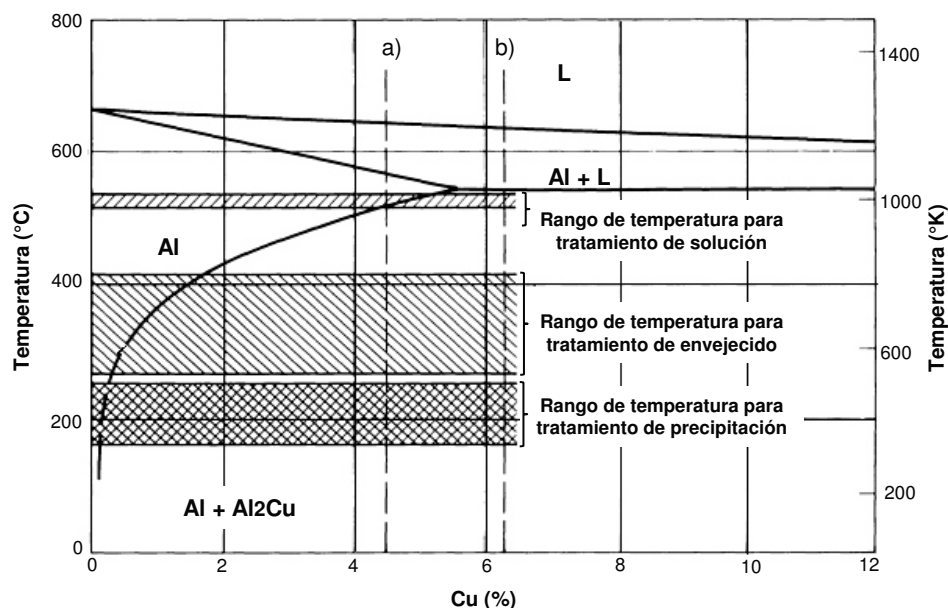


Figura 2.5. Diagrama de rango de temperaturas para tratamiento térmico en aleaciones Al-Cu. ^[1]

El endurecimiento por envejecimiento, o por precipitación produce una dispersión uniforme de un precipitado coherente fino y duro, en una matriz más blanda y dúctil. La aleación Al- 4% Cu es un ejemplo clásico de una aleación endurecible por envejecimiento. Este tratamiento térmico consta de tres pasos; tratamiento de solución, tratamiento de temple y tratamiento de envejecido, como se muestra en la figura 2.6..^[18]

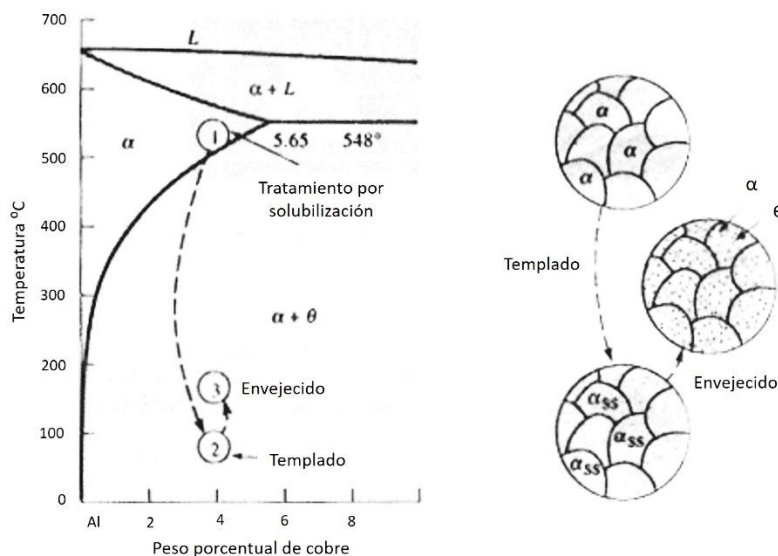


Figura 2.6 Etapas del proceso de endurecimiento pos envejecimiento o precipitación en sistema Al-Cu. ^[18]

2.4.1 Tratamiento de Solución.

Tres eventos ocurren durante el tratamiento de solución, éste se lleva a cabo a una temperatura superior a solvus, menor al eutéctico de la aleación. El propósito de este tratamiento es; Homogenizar los elementos de aleación, esferoidizar las partículas de Silicio y disolver las fases solubles que contienen Cu y Mg formados durante la solidificación.

El primer propósito del tratamiento de solución es disolver fases constituyentes y enriquecidas de solución sólida de aluminio (α) en soluto. El segundo efecto del tratamiento de solución es, esferoidizar constituyentes que están presentes en cantidades que no pueden ser completamente disueltas. El tercer efecto del tratamiento de solución es la homogenización de la estructura. Los elementos constitutivos de las fases presentes son

redistribuidos cuando se disuelven. Sin embargo, algunas fases constituidas, particularmente intermetálicos ricos en hierro, contienen elementos insolubles y estos son modificados morfológicamente por el tratamiento de solución.^[19,20]

El tratamiento de solución puede incluir dos etapas de calentamiento durante su proceso para evitar la fusión incipiente. Primeramente, las piezas son calentadas por debajo de la temperatura eutéctica para disolver las fases eutécticas fuera de equilibrio, posteriormente, de forma segura, se calienta a la temperatura final de solución para disolver los elementos adicionales de endurecimiento y generar una buena homogenización.^[19,53]

2.4.2 Tratamiento térmico de Temple

El objetivo del temple es evitar la precipitación mediante el enfriamiento de la pieza vaciada desde la temperatura de solución hasta la ambiente, esta operación finaliza el tratamiento de solución. La pieza es enfriada desde la temperatura de solución y la solubilidad de los elementos de endurecimiento disminuye.^[21]

Si la velocidad de enfriamiento es lo suficientemente alta, el soluto y un gran número de vacancias son retenidas en solución sólida. Por otro lado, si el enfriamiento es lento, las partículas precipitan homogéneamente en los límites de grano o en dislocaciones, lo que resulta en reducción de la sobresaturación de soluto y una consecuente disminución del límite de elasticidad después del envejecido.

2.4.3 Tratamiento de Envejecido.

El envejecido puede ser a temperatura ambiente (envejecido natural) o a elevada temperatura 150-210°C (envejecido artificial).^[22] El objetivo de este tratamiento es obtener una distribución uniforme de pequeños precipitados que son los que aportan la alta resistencia.^[1,23]

En las etapas iniciales de envejecido se dice que la pieza se encuentra en un preenvejecido, cuando el tiempo o la temperatura aumenta y se alcanza la máxima dureza se dice que la pieza alcanza la condición de T6, si la pieza continua con el proceso de envejecido alcanza la condición de sobre-envejecido o T7 (Figura 2.7). Finalmente la

pieza regresa a temperatura ambiente y las propiedades obtenidas se mantienen siempre y cuando la temperatura se mantenga por debajo de la temperatura de envejecido artificial.

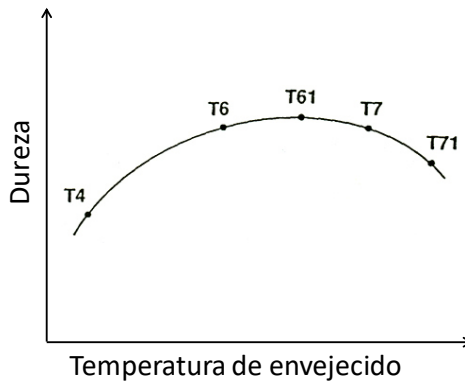


Figura 2.7 Influencia del tratamiento térmico de envejecido en la dureza. ^[18]

2.5 Endurecimiento por precipitación

Imperfecciones en la red cristalina tienden a reducir la ductilidad y aumentan la resistencia. Los átomos de soluto normalmente no quedan exactamente en la red cristalina de la matriz, la distorsión provocada por átomos más pequeños o más grandes en la estructura es la base del endurecimiento por solución sólida. En la Figura 2.8 se observa la zona deformada por la precipitación de una fase coherente (círculos negros) con la matriz aluminio primario, en la red se observa la deformación coherente (desplazamiento de los átomos desde su posición normal en la red).

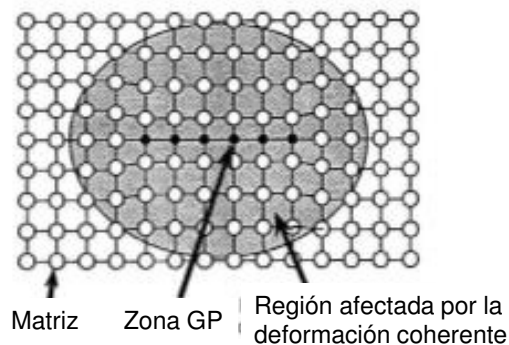
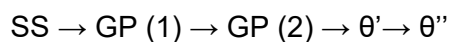


Figura 2.8 Ilustración de zona GP. ^[10]

Los mecanismos de reforzamiento más frecuentes, además del endurecimiento por trabajado en frío, son los relacionados con la solución sólida, precipitados y dispersoides, así como el efecto de las fronteras de grano y de subgrano.^[3,24]

El proceso de endurecimiento por precipitación es uno de los más utilizados para las aleaciones de aluminio de fundición, donde a súper enfriamientos adecuados, la secuencia de precipitación que se obtiene para las aleaciones Al-Cu es la que se muestra a continuación, dando como resultado un incremento en la resistencia mecánica de la aleación.^[7,8,10]



El endurecimiento por efecto de la solución sólida requiere una gran solubilidad del aleante y que los átomos de éste tengan una diferencia de tamaño considerable con los de aluminio para que se introduzcan grandes distorsiones en la red. La efectividad de los dispersoides depende de que estén finamente distribuidos.

Dependiendo de su tamaño, espaciado y grado de coherencia, las partículas son cizalladas o rodeadas por las dislocaciones móviles durante la deformación plástica. El reforzamiento producido depende de las propiedades intrínsecas de las partículas, es decir, si las partículas son cizallables, en general son precipitados coherentes o semicoherentes que producen tensiones elásticas a su alrededor dificultando el movimiento de las dislocaciones.

La tensión de fluencia (σ_y) se puede representar por una ecuación del tipo:

EC.2.1

$$\sigma_y = c f m r^P$$

donde (σ_y) es la fracción de volumen de partículas y (r) su radio. Los exponentes (m) y (P) son positivos y el endurecimiento aumenta con la fracción de volumen y el tamaño de las partículas. El parámetro (c) es una constante de la aleación que depende del grado de

coherencia entre las partículas y la matriz, (f) es la relación entre sus módulos de elasticidad, del grado de orden de las partículas y de la energía de la interface. ^[3]

Cuando las partículas son rodeadas por las dislocaciones, el reforzamiento producido es independiente de las propiedades de las partículas y la tensión de fluencia de la aleación viene dada por la relación de Orowan modificada: ^[3]

$$\text{EC.2.2} \quad \sigma_y = \sigma_0 + 0,8 G b L$$

donde (σ_0) es la tensión de fluencia de la matriz, (G) el módulo de cizalla de la misma, (b) el vector Burgers y (L) el espaciado entre partículas. Para una fracción de volumen de partículas constante, el reforzamiento disminuye al aumentar el tamaño de las partículas o, lo que es lo mismo, al aumentar su espaciado. ^[3]

Conseguir este reforzamiento por partículas no cizallables tiene serias dificultades utilizando métodos de metalurgia clásica, ya que es muy difícil obtener una dispersión homogénea de partículas pequeñas, duras, incoherentes, próximas entre sí y térmicamente estables. ^[3]

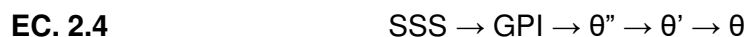
Las fronteras de grano y subgrano tienden a impedir el movimiento de las dislocaciones y son una importante fuente de reforzamiento. Además, el afinamiento de grano mejora la ductilidad, la tenacidad a la fractura, la resistencia a la corrosión y la resistencia a la iniciación de grietas por fatiga. El efecto del tamaño de grano sobre la tensión de fluencia se describe generalmente por la relación de Hall-Petch: ^[3]

$$\text{EC. 2.3} \quad \sigma_y = \sigma_0 + k_d d^{-1/2}$$

Donde (σ_0) es la tensión de fricción que se opone al movimiento de las dislocaciones y (k) medida de la extensión del apilamiento de dislocaciones frente a las barreras, son constantes del material, y (d) el tamaño medio de grano. Una relación similar se ha establecido para el endurecimiento por subgranos o celdas. En este caso, k suele ser menor y el exponente de d suele tomar el valor 1.

En resumen, dado que las aleaciones clásicas de aluminio no son útiles a temperaturas elevadas a causa de la alta difusividad de la mayoría de los aleantes que entran en su composición, es preciso recurrir a otras familias de aleaciones, donde los principales factores de reforzamiento sean los debidos, bien a la tensión de Orowan, bien a la de HallPetch, o a ambas. [3]

El efecto de endurecimiento tiene su origen en precipitados obtenidos a partir de una solución sólida sobresaturada, que actúan como obstáculos para el desplazamiento de las dislocaciones. La secuencia de formación de fases metaestables ha sido objeto de numerosos estudios por diversos autores, sin embargo, para este trabajo se tomó en cuenta como base la investigación de Lorimer, en cuyo trabajo la secuencia de precipitación propuesta es: [7,8,10]



donde SSS es la solución sólida sobresaturada (α), GPI zonas de Guinier-Preston, las cuales tiene la forma de discos monoatómicos constituidos por átomos de cobre a lo largo de los planos $\{100\}$ de la fase matriz, los precipitados de la fase θ'' se forma a partir de las GPI, tienen una forma tetragonal con los parámetros reticulares $c=7.68 \text{ \AA}$ y $a=4.04 \text{ \AA}$, estos precipitados coherentes con forma de discos tienen la orientación cristalográfica $\{100\}_\alpha // \{100\}_{\theta''} <100>_\alpha // <100>_{\theta''}$, esta fase es también denominada por algunos autores GPII, aunque en base al número de capas ricas en Cu se ha propuesto la GPII como una fase intermedia entre la GPI y la θ'' . Takeda y colaboradores [6] proponen que las fases denominadas GPII y la θ'' difieren en el número de capas de Cu, y pueden existir simultáneamente en un intervalo apropiado de temperaturas y tiempos de envejecimiento. [8]

La fase θ' es tetragonal con parámetros reticulares $c=5.8^{\text{a}}$ y $a=4.04^{\text{a}}$, estos precipitados con morfología de discos y/o placas, tienden a nuclearse heterogéneamente principalmente en dislocaciones y su composición química o relación estequiométrica es Al_2Cu .

La fase de equilibrio θ (Al_2Cu) es también tetragonal con los parámetros reticulares $a=6.07^{\text{a}}$ $c=4.87^{\text{a}}$, esta fase es incoherente, los precipitados se nuclean preferentemente de forma heterogénea en los límites de grano, dislocaciones y en la interfaz de los precipitados θ' (figura 2.9).

En el trabajo realizado por Roberto Rioja ^[8] se presenta un estudio acerca de la formación y disolución de fases metaestables en una aleación Al-4%Cu en peso. La aleación utilizada fue obtenida a partir de metales de 99.99% de pureza para minimizar la influencia de aleantes minoritarios. Las técnicas de estudio utilizadas fueron microscopía.

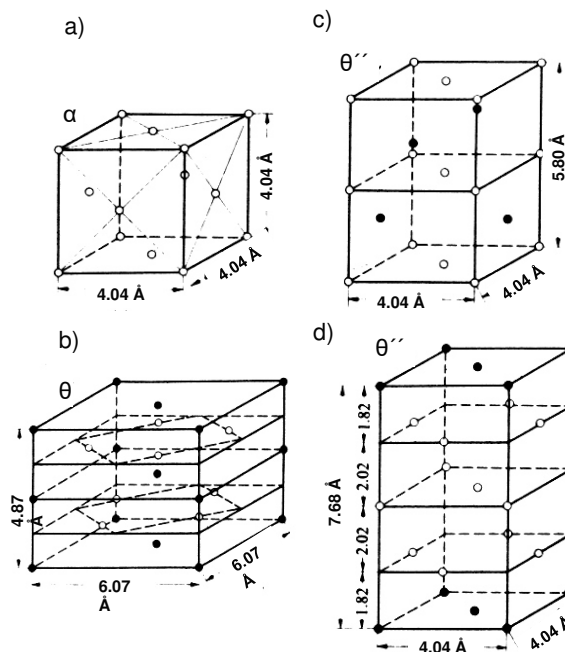


Figura 2.9 Estructuras Cristalinas de las fases α , θ , θ' y θ'' , los círculos llenos son átomos de Cu y los círculos vacíos son átomos de Al. ^[8]

El mecanismo de endurecimiento por precipitación coherente de los átomos en solución incrementa la resistencia de las zonas deformadas aledañas en la red cristalina de la matriz (Figura 5.2), asimismo una densa dispersión de precipitados formada por estos elementos precipitados en forma semi-coherente o incoherente puede obstruir físicamente el movimiento de las dislocaciones durante la deformación mecánica hasta ser cortado por las dislocaciones o simplemente pasar entre las partículas sin romperlas generando dislocaciones alrededor (mecanismo conocido como lazos de Orowan) [33], en la Figura 2.10 se presentan ambos mecanismos.



Figura 2.10 Mecanismos de deformación en aluminio, a) Mecanismo de corte, b) Mecanismo de lazos de Orowan. [8]

2.6 Resistencia a alta temperatura

Gran parte de los estudios realizados a las aleaciones de aluminio resistentes a altas temperaturas confirman que para mantener el buen desempeño a elevadas temperaturas, las fases endurecedoras o precipitados deben ser termodinámicamente estables y resistir su crecimiento a la temperatura de interés y esto es logrado como se mencionó anteriormente cuando los precipitados endurecedores son coherentes y coplanares con la matriz y por lo tanto así obtenemos una estabilidad microestructural.^[9,25,26]

Estudios referenciados en aleaciones Al 4%Cu 0.5%Mg modificadas con Ag, se atribuye la resistencia mecánica a la formación de una dispersión fina y uniforme de precipitados de una fase Ω , la cual presenta forma de placas hexagonales sobre los planos de la matriz de aluminio $\{111\}\alpha$, la fase Ω es más estable termodinámicamente que la fase incoherente y de equilibrio θ en el sistema Al-Cu.^[9,25,27]

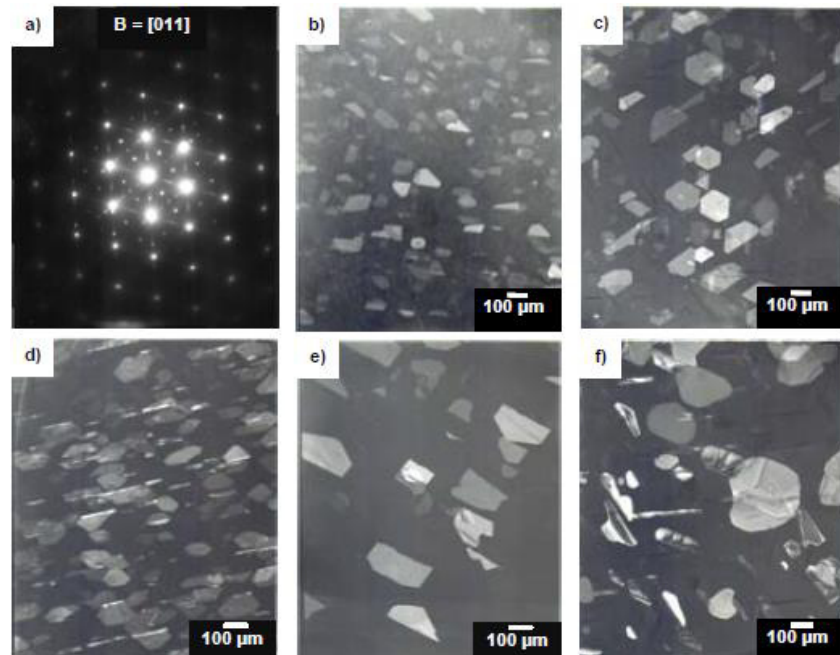


Figura 2.11 Evolución morfológica de fase Ω en la aleación Al_{3.87}Cu_{0.31}Mg_{2.81}Ag envejecida a 250°C b)10min, c) 30 min, d)1h, e)10h, f)50h. ^[25]

En la figura 2.11 se muestra la evolución en crecimiento de precipitados Ω a diferentes tiempos de envejecido donde se puede observar que a mayores tiempos de envejecido el tamaño de los precipitados Ω aumenta y la fracción de precipitados disminuye.

También es importante destacar el cambio en morfología del precipitado a partir de 50h, lo cual se asocia principalmente a su pérdida de coherencia con la matriz. ^[25] En la figura 2.12 se muestra más a detalle la morfología hexagonal del precipitado Ω en condición de campo oscuro, después de un envejecido a 250°C por 0.5h para la aleación Al 3.87Cu 0.31Mg 2.81Ag. ^[25,28]

El análisis de los patrones de difracción de electrones también mostró la relación con la orientación con la fase matriz: $[111]_{\alpha} // [111]_{\Omega}$, $(022)_{\alpha} // (022)_{\Omega}$.

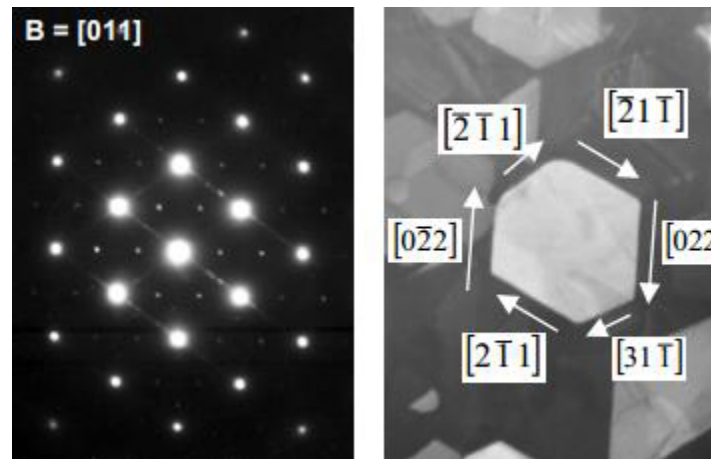


Figura 2.12. Relación cristalográfica de la fase Ω con la matriz en una muestra envejecida a 250°C durante 30 min. ^[25]

Recientes investigaciones han reportado que la composición del precipitado Ω es similar a Al_2Cu y que Ag y Mg son fuertemente segregados a la interface Ω/α . La fase Ω está siendo investigada pero aún no se conoce cuál es su mecanismo de precipitación exactamente, su composición y estructura. ^[25]

2.7. Transferencia de calor

Calor y temperatura son conceptos que en el lenguaje cotidiano se confunden, la temperatura es una magnitud física que se refiere a la sensación de frío o caliente al tocar alguna sustancia, en cambio el calor es una transferencia de energía de una parte a otra de un cuerpo, o entre diferentes cuerpos producida por una diferencia de temperatura. El calor es energía en tránsito, siempre fluye de una zona de mayor temperatura a otra de menor, con lo que eleva la temperatura de la zona más fría y reduce la de la zona más cálida, siempre que el volumen se mantenga constante.

La materia está formada por átomos o moléculas que están en constante movimiento, por lo tanto tienen energía de posición o potencial y energía de movimiento o cinética. Los continuos choques entre los átomos o moléculas transforman parte de la energía cinética en calor, cambiando la temperatura del cuerpo.

La transferencia de calor es el proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura. El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción. Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos.

2.7.1 Conducción de calor

La conducción es el mecanismo de transferencia de calor en escala atómica a través de la materia por actividad molecular, por el choque de unas moléculas con otras, donde las partículas más energéticas le entregan energía a las menos energéticas, produciéndose un flujo de calor desde las temperaturas más altas a las más bajas. Los mejores conductores de calor son los metales.

2.7.2 Convección de calor

La convección es el mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia. Puede ser natural producida solo por las diferencias de densidades de la materia; o forzada cuando la materia es obligada a moverse de un lugar a otro. Solo se produce en líquidos y gases donde los átomos y moléculas son libres de moverse en el medio.

2.7.3 Radiación de calor

La radiación térmica es energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura dada, se produce directamente desde la fuente hacia afuera en todas direcciones. Esta energía es producida por los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas constituidas y transportadas por ondas electromagnéticas o fotones, por lo que recibe el nombre de radiación electromagnética. La masa en reposo de un fotón es nula. Por lo tanto, atendiendo a relatividad especial, un fotón viaja a la velocidad de la luz y no se puede mantener en reposo. La radiación electromagnética es una combinación de campos eléctricos que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro.

2.8 Conductividad térmica en aleaciones de aluminio.

La conductividad térmica es una propiedad esencial para los cálculos de balance de energía en aplicaciones de transferencia de calor, así como para la selección de materiales en estrategias de diseño y en el caso particular para aplicación en cabezas y monoblock con cavidades complejas y, en algunos casos, paredes sumamente delgadas. [2, 29]

Cuando se incrementa la temperatura de un metal, la energía térmica hace que vibren los átomos (figura 2.13). En cualquier instante, el átomo puede no estar en su

posición de equilibrio y por ello interactuará y dispersará electrones, se reducirá la trayectoria libre media y la movilidad de los electrones, y aumentará la resistividad.

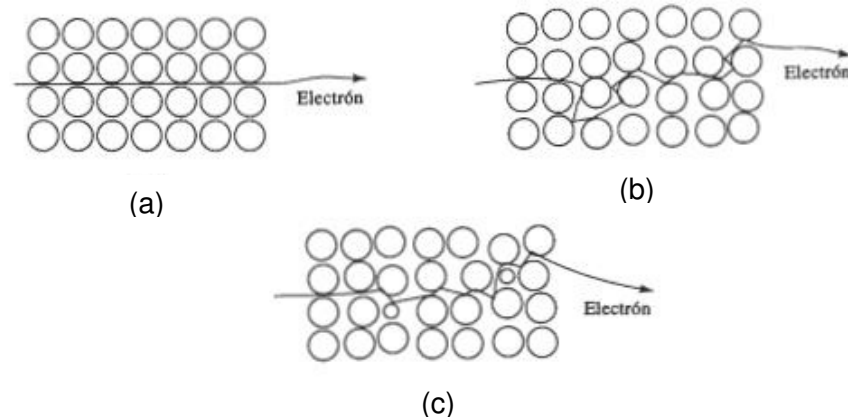


Figura 2.13 Movimiento de un electrón a través de (a) un cristal perfecto, (b) un cristal calentado a altas temperaturas y (c) un cristal con defectos de red. La dispersión de los electrones reduce su movilidad y conductividad.

Existen varios libros y manuales con los valores de esta propiedad para las aleaciones comerciales, pero como las aleaciones presentan variaciones de química es por ello que se realizó la medición y cálculo de esta propiedad para cada una de ellas.^[3,39]

La difusividad suele representarse como la letra α en algunas ocasiones también con la letra mayúscula D y es un índice característico de un material. La expresión matemática que relaciona la conductividad térmica (expresada como κ), el calor específico (expresado como C_p y denominado igualmente como *capacidad de calor*), y su densidad (ρ) es:

$$\alpha = \frac{\kappa}{\rho C_p}$$

EC. 2.5

La difusividad térmica es directamente proporcional a la conductividad térmica de un material, e inversamente proporcional a su densidad y calor específico. El denominador (producto de la densidad por la capacidad calorífica) puede ser considerado como la capacidad calorífica volumétrica. Por regla general los metales tienen un coeficiente de

difusión térmica mucho mayor que los materiales aislantes. Mientras que los gases poseen una difusión térmica casi nula por su baja conductividad y escasa densidad.

En cierta forma es una medida de la inercia térmica de un material. En un material con alta difusividad térmica el calor se propaga con rapidez y los cambios de temperatura se producen con dinámica elevada. Es por esta razón por la que aparece en uno de los términos de la ecuación del calor.^[19,30]

Se suele estudiar el cociente de la difusividad térmica mediante la técnica de Flash Laser (LFA). Uno de los métodos más clásicos consistía en calentar un hilo y comprobar la tasa de cambio de temperatura, y mediante la ecuación del calor comprobar el valor de α . Este método aparece en la literatura como el método del hilo caliente. Variantes del método empleando planchas calientes, en lugar de hilos, se popularizó en los años 80. El método más empleado actualmente en la industria es la técnica de Flash Láser (LFA) y consiste en la medida de cambio de temperatura en un material (generalmente una muestra cilíndrica) al ser expuesto a un pulso laser de gran intensidad.^[39,31]

2.8.1 Método láser flash

El método propuesto por Parker y coautores, es una de las técnicas de medición de difusividad térmica de materiales sólidos más utilizadas. En esta técnica un impulso de energía calienta un lado de la muestra paralela al plano y el incremento de la temperatura en la parte trasera se mide como una función del tiempo del cual el valor de la difusividad térmica puede ser determinado, el esquema del equipo utilizado se muestra en la figura 2.14. Cuanto mayor es la difusividad térmica de la muestra, mayor será la energía que llega a la parte trasera.

La dependencia de temperatura de la difusividad térmica y el efecto del incremento de temperatura en la muestra debe tomarse en cuenta en la determinación de un valor preciso de la difusividad térmica utilizando el método láser flash.^[30,31]

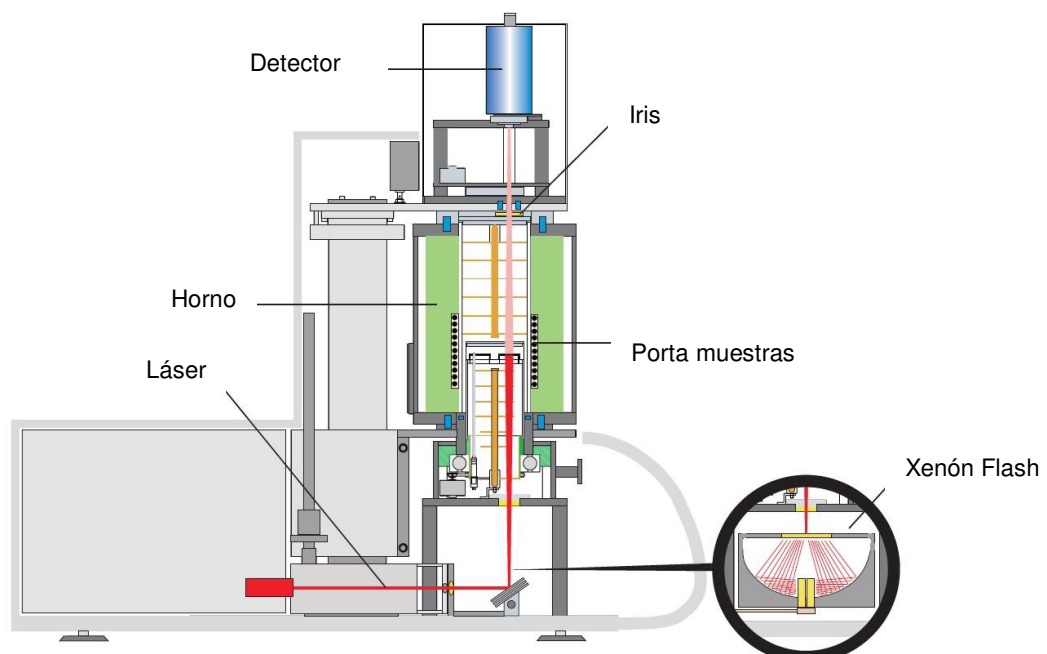


Figura 2.14. Esquema de un sistema típico Láser Flash.

2.9 Propiedades mecánicas en aleaciones de aluminio.

Las aleaciones de aluminio de alta resistencia utilizadas a temperatura ambiente son, por lo general, del tipo denominado aleaciones tratables. ^[32,33] Existen varias composiciones que tienen propiedades a temperatura elevada que son superiores a la mayoría de aleaciones de fundición de aluminio comerciales. Los ejemplos son 238 (Al-10Cu-3Si-0.3Mg), que se utiliza para la fundición de molde permanente de las planchas de hierro de mano, y 242 (Al-Cu-2Ni-1.5Mg), que se ha utilizado durante muchos años para pistones de motores diésel y cabezas de motor enfriadas por aire para motores de aeronaves. ^[35,36]

Cada aleación depende de una combinación de endurecimiento por precipitación junto con endurecimiento por dispersión por compuestos intermetálicos para proporcionar estabilidad de resistencia y dureza a temperaturas de hasta aproximadamente 250°C. ^[37]

La aleación de fundición de mayor resistencia es la 201, que tiene una composición nominal Al-4.7Cu-0.7Ag-0.3Mg. Una aleación europea similar, conocida como Avoir, también contiene 1,3% de Zn. Estas aleaciones muestran una alta respuesta al endurecimiento por envejecido debido a la precipitación de la fase finamente dispersa. Utilizando técnicas de fundición de primera calidad, las propiedades garantizadas son de 345 MPa para el esfuerzo de cedencia (YS) y 415 MPa para la resistencia última a la tensión (UTS), con una elongación mínimo del 5%. Se han obtenido en una variedad de piezas fundidas sometidas a tratamiento térmico T6, valores tan altos como 480 MPa (YS), y 550 MPa (UTS), con un 10% de elongación. Estas propiedades de tracción son superiores que las que se pueden obtener con cualquier otra aleación de fundición de aluminio comercial y se comparan bien con las aleaciones trabajadas de alta resistencia. Las aleaciones pueden ser susceptibles al agrietamiento en caliente, pero la resistencia se mejora en gran medida por tratamiento térmico con un temple T73. Debido al costo de agregar plata, las aleaciones 201 y Avoir se utilizan solamente para aplicaciones militares y otras aplicaciones especializadas. ^[38,40]

Los precipitados se forman a partir de los elementos: cobre, silicio, manganeso, magnesio y zinc, y de otros que aparecen en menor proporción tales como hierro y cromo. Sin embargo, dado que los cinco elementos mencionados en primer lugar son muy solubles en aluminio y su difusividad es grande, al someter las aleaciones a altas temperaturas, los precipitados o bien se disuelven, o bien crecen por maduración de Ostwald perdiendo su coherencia, con la consiguiente pérdida de propiedades mecánicas de la aleación. Por tanto, es necesario buscar otros métodos de reforzamiento para las aleaciones de alta temperatura. ^[41,42]

Muchos de los metales estructurales más ampliamente empleados tienen redes bcc (por ejemplo, aceros, metales refractarios) o redes de fcc (por ejemplo, aluminio, cobre). La resistencia de los metales fcc es relativamente insensible a la temperatura de ensayo; sin embargo, las propiedades de los metales bcc son típicamente dependientes de las condiciones de ensayo. ^[43]

Este comportamiento disímil está relacionado con la naturaleza del movimiento de dislocaciones en la celda de cristal individual. Los metales cúbicos centrados en la cara están más "empacados" (es decir, existe una distancia más corta entre los átomos en la célula unitaria) que los metales cúbicos centrados en el cuerpo. Un sistema de deslizamiento común (es decir, $\{111\} \langle 110 \rangle$) prevalece a través de regímenes de temperatura para metales fcc. ^[43]

Sin embargo, se ha encontrado que las dislocaciones se mueven en diferentes sistemas de deslizamiento en metales bcc (por ejemplo, $\{110\} \langle 111 \rangle$, $\{112\} \langle 111 \rangle$, o $\{123\} \langle 111 \rangle$ para el hierro α), dependiendo de la temperatura). En los metales bcc, se puede observar un aumento sustancial de la tensión de flujo (o resistencia) a temperaturas inferiores a la temperatura de fusión del metal. ^[43]

En estas condiciones, la resistencia interna al movimiento de dislocaciones puede aumentar considerablemente. Si se consideran aún más las barreras al movimiento de dislocación, pueden separarse en componentes atómicos (es decir, no influenciados por la temperatura) y térmicos (es decir, dependientes de la temperatura). ^[44]

Las barreras atómicas, tales como la interacción a largo orden de las dislocaciones, son demasiado grandes para ser superadas por deslizamientos de dislocaciones que utilizan sólo las fluctuaciones térmicas y el esfuerzo aplicado para moverse de un sitio a otro. Por el contrario, las barreras térmicas, como los átomos de soluto y los precipitados, son superables por dislocaciones con la ayuda de esta energía térmica y una tensión aplicada. ^[43]

A bajas temperaturas, la activación térmica de las dislocaciones es mínima, por lo tanto, se requiere una gran tensión aplicada para la deformación. A temperaturas más altas, la activación térmica ayudará al movimiento de dislocación alrededor de las barreras térmicas. ^[43]

La tensión aplicada necesaria para el flujo plástico se reduce, lo que reduce la resistencia medida. Por encima de una temperatura crítica, la activación térmica proporciona una porción sustancial de la fuerza motriz para el movimiento de dislocación, de tal manera que la resistencia del material estará determinada principalmente por barreras de bordes de grano. ^[43]

La discusión anterior asume que el flujo plástico ocurrirá y que hay una constancia del mecanismo de la fractura. Esta suposición no es necesariamente válida para los metales bcc. Estos metales muestran una transición en el modo de fractura desde dúctil (coalescencia o cizallamiento) a frágil (por ejemplo, escisión) con temperatura decreciente. Esta transición se puede conceptualizar usando una construcción simple del tipo de Orowan tal como el mostrado en la Figura 2.15. ^[43]

El esfuerzo para una fractura frágil varía débilmente con la temperatura y puede considerarse que es aproximadamente independiente de la temperatura. Sin embargo, la resistencia a la deformación aumentará con las temperaturas decrecientes, como se ha comentado anteriormente. ^[43]

La temperatura en la que se cruzan las dos curvas (T_1 en la figura 2.15) se considera que es la temperatura de transición dúctil a frágil (DBTT) para el metal. Por encima de esta temperatura, el metal producirá deformación antes de la fractura, mientras que por debajo del DBTT, la fractura se produce a nivel microscópico. ^[43]

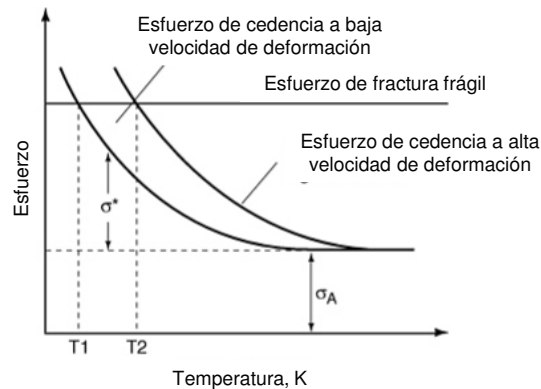


Figura 2.15. Efecto de la temperatura en la resistencia de las aleaciones. ^[43]

Además de la temperatura, la velocidad de carga (es decir, velocidad de deformación) durante la prueba también afectará en gran medida las propiedades mecánicas medidas de los metales bcc. En general, un aumento en la velocidad de deformación es análogo a una disminución de la temperatura. El efecto combinado de la velocidad de deformación y la temperatura (T) puede verse en la Ec. 2.6: ^[43]

EC. 2.6

$$\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}_0 \exp \left[\frac{-\Delta G^* (\tau^*)}{kT} \right]$$

Donde la deformación unitaria (ϵ) viene dada por, el producto de la energía libre de Gibbs (ΔG) con la tensión de cizallamiento (τ^*) requerida para superar obstáculos de corto alcance y es el producto de la densidad de dislocación móvil, la frecuencia de vibración para el segmento de dislocación y el vector Burgers para la dislocación, la distancia a la que la dislocación puede pasar.

Esta relación ilustra que temperaturas suficientemente altas o velocidades de deformación suficientemente bajas incrementan la probabilidad de aumentar el movimiento de dislocaciones a través de un evento de activación térmica en presencia de una carga aplicada. ^[43]

CAPITULO III

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.1 Introducción

En este capítulo se describe el procedimiento para la obtención de las muestras evaluadas, las técnicas de análisis empleadas y los equipos con los que se realizó cada uno de los diferentes ensayos.

Se vaciaron cinco aleaciones de aluminio tratable serie 2XX pertenecientes al sistema Al-Cu, utilizando moldes tipo cuña fabricados con arena de sílice y resina, el molde cuenta en la parte inferior con una templadera de hierro para promover una solidificación direccionada, se seleccionaron tres velocidades de solidificación específicas que representan zonas importantes en componentes automotrices.

A cada aleación se le dio un tratamiento térmico comercial, posteriormente se sometieron a un post-envejecido por 200 horas para simular las condiciones de un componente de motor con este tiempo de uso, finalmente se llevó a cabo el ensayo de tensión a la misma temperatura del post-envejecido para muestras a 25, 150, 200, 250 y 300°C, mismas condiciones a las que se llevó a cabo el análisis de difusividad térmica.

3.2 Vaciado de muestras.

Para la fusión del metal base se utilizó un horno de crisol basculante de gas natural marca Thermotronix modelo GT-600 (figura 3.1) que tiene una capacidad de 100 litros lo que es equivalente a 270 kg de aluminio aproximadamente, en el cual se fundieron lingotes de aleación de aluminio primaria, para el ajuste de las químicas se emplearon aleaciones maestras Al-Ni(20%), Al-Co(10%), Al-Sb(10%), Al-Zr(10%) además de cobre (100%) y compactados de Mn(75%) y Ti(75%).

Para asegurar la homogeneidad de la química en el baño de metal, además de mantener los niveles de hidrógeno al mínimo, se empleó un equipo de desgasificado giratorio portátil marca Pyrotek modelo Pal-1000. Ya que se obtuvo la química deseada se agregó Ti-B para realizar el refinamiento de grano seguido de un desgasificado por 20 minutos. Finalmente se retiró el equipo y se quitó la escoria de la superficie del baño metálico.



Figura 3.1 Horno de crisol basculante marca Thermotronix modelo GT-600.

Para la medición del químico final de la aleación se vaciaron pastillas de aluminio de un molde de acero, que produce velocidades de enfriamiento mayores a 20 °C/segundo, las cuales se analizaron en un espectrómetro de chispa marca Espectrolab modelo LAVMB05B, la química de las aleaciones comerciales RR350 y 206+Zr, fabricadas para este trabajo se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Composición química en % en peso para aleaciones RR350 y 206+Zr.

Aleación	Cu	Mn	Ni	Ti	Zr	Co	Sb	Si	Fe	Al
RR350	4.5-5.5	0.2-0.3	1.3-1.7	0.15-0.25	0.1-0.3	0.1-0.3	0.1-0.3	0.15 max	0.15 max	Bal
206 + Zr	4.2-5.0	0.2-0.5	1.3-1.7	0.15-0.25	0.1-0.3	0.1-0.3	0.1-0.3	0.05	0.07	Bal
AlCu7XX	6.5-7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AlCu6XX	5.5-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AlCu5XX	4.5-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

En el caso particular de las aleaciones AlCu7XX, AlCu6XX y AlCu5XX, la química queda restringida por un acuerdo de confidencialidad realizado con la empresa Nemak S.A. de C.V.

El vaciado de los lingotes se realizó a una temperatura de 780°C, en moldes de arena tipo cuña con una templadera de hierro gris en la base para promover una solidificación direccionada (figura 3.2), las tres zonas estudiadas se tomaron como referencia de el perfil de solidificación obtenido de un estudio previo realizado en una aleación 319 y es mostrado en la figura 3.3.

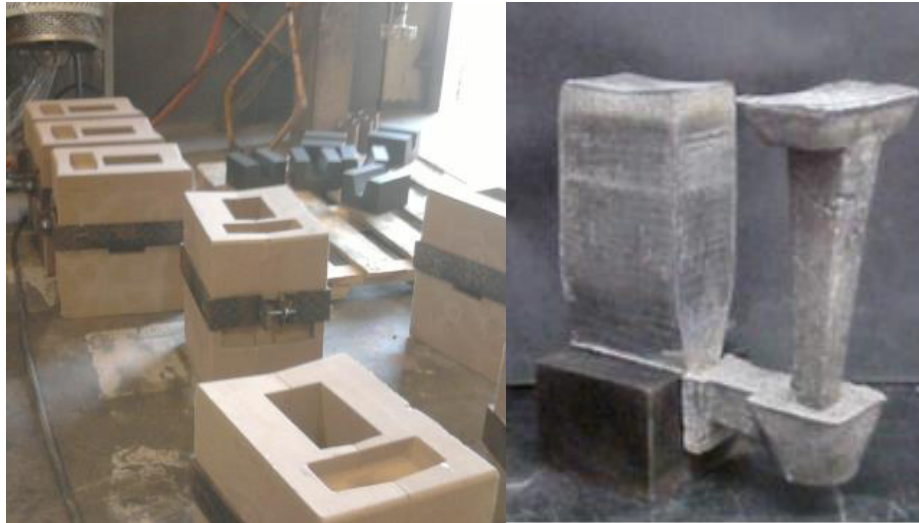


Figura 3.2 Molde de arena para vaciado de molde tipo cuña con templadera de acero H13.

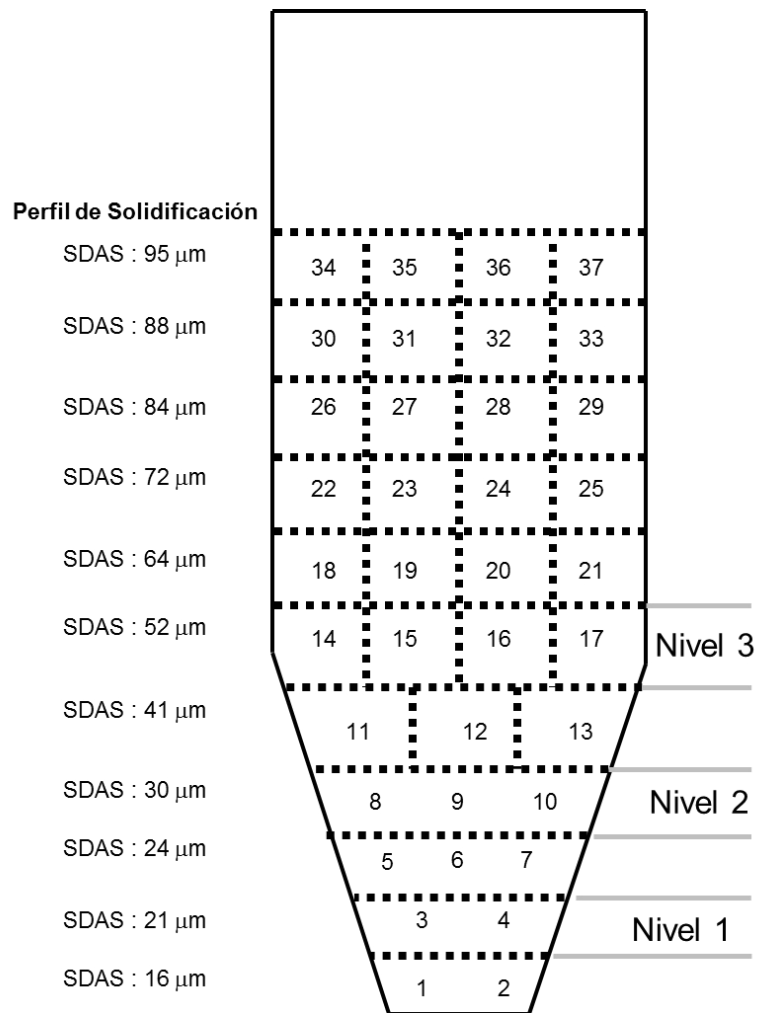


Figura 3.3 Perfil de solidificación del molde tipo cuña obtenido de un estudio previo, donde se vació una aleación 319 (Eq. 319*).

3.3 Caracterización microestructural.

3.3.1 Medición de tamaño de grano

Para la medición de tamaño de grano, las muestras fueron atacadas con un reactivo para revelar las fronteras de grano, la solución contiene 2ml HF, 3ml HCl y 5ml de HNO₃ en 190ml de H₂O.

Para determinar el tamaño de grano se utilizó un microscopio óptico para tomar imágenes digitales a 100X y mediante el analizador de imágenes se realizaron las mediciones del tamaño de grano utilizando el método de intercepción lineal de acuerdo a la norma ASTM E 112-88,^[58] finalmente se compararon los resultados obtenidos con los de la tabla 3.2 para identificar el tamaño en cada una de las muestras.

Tabla 3.2 Tamaño de grano de acuerdo al procedimiento ASTM E112-18 establecido por la AFS ^[58].

Clasificación propuesta por la AFS*	Tamaño de macrograno ASTM	Granos por centímetro cuadrado	Granos por pulgada cuadrada	Distancia de intercepción promedio		
				Pulg.	mm	μm
Ext. Fino	14.4	1550	10000	0.009	0.23	225
Fino	12.5	530	3400	0.015	0.4	400
Mediano	11.5	217	1400	0.024	0.6	600
Grande	10.5	125	810	0.031	0.8	800
Grueso	10	79	512	0.039	1	1000
Ext. Grueso	7.5	19	107	0.087	2.2	2200

3.3.2 Medición de Porosidad

La medición porosidad de las muestras se realizó con en un analizador de imágenes conectado al microscopio óptico, siguiendo una rutina de medición automática que discrimina el tono oscuro de la porosidad provocado por la falta de reflejo de la luz del microscopio óptico. Se puede obtener el porcentaje de porosidad y el tamaño individual de cada poro.

3.4 Parámetros de Tratamiento Térmico

Las muestras de los niveles seleccionados se sometieron a los diferentes ciclos de tratamiento térmico comerciales para las aleaciones RR350 y 206+Zr, los parámetros se presentan en la Tabla 3.3. Las aleaciones AlCu7XX, AlCu6XX y AlCu5XX fueron sometidas a un tratamiento térmico T7 convencional y enfriamiento brusco en agua a 90°C.

Tabla 3.3 Parámetros de Tratamiento Térmico para aleaciones a estudiar.

Aleación	Solution	Temple	Envejecido
RR350	535°C / 12hr	Agua 90°C	215°C / 14hr
206 Zr Mn	505°C / 2hr + 525°C / 3hr	Agua 90°C	190°C / 4.5hr
AlCu7XX	-	Agua 90°C	-
AlCu6XX	-	Agua 90°C	-
AlCu5XX	-	Agua 90°C	-

Después del tratamiento térmico las secciones fueron post envejecidas por 200hr a la temperatura de ensayo para simular las condiciones de trabajo a las que están sometidos los componentes automotrices fabricados con este tipo de aleación, las temperaturas de post-envejecido se muestran en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Temperaturas de post-envejecido.

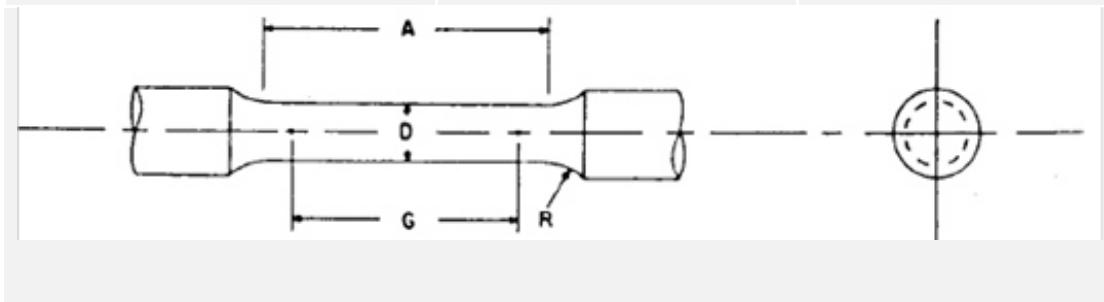
Aleación	Post- envejecido por 200Hr				
RR350	25°C	150°C	200°C	250°C	300°C
206 Zr Mn					
AlCu7XX					
AlCu6XX					
AlCu5XX					

3.5 Ensayo de Tensión.

Posterior al tratamiento térmico y al tratamiento de post-envejecido se maquinaron las probetas para ensayo de tensión bajo la norma ASTM E8/E8M ^[62], para optimizar la obtención de muestras de la geometría del molde tipo cuña se maquinaron probetas de dos dimensiones las cuales se muestran en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Dimensiones de probetas para ensayo de tensión (ASTM E8/E8M) ^[62]

Dimensiones (mm)	Probeta Grande	Probeta Chica
G Longitud calibrada	127 ± 0.005	37.08 ± 0.005
D Diámetro	12.5 ± 0.2	6.35 ± 0.005
R Radio	9.525	4.8
A Longitud sección reducida	62.001	48.8



Los ensayos mecánicos de tensión se realizaron en una máquina de tensión universal marca Zwick/Roell modelo Z100 con una celda de carga de 100KN y una mordaza tipo cuña, cuenta con un extensómetro marca Zwick/Roell modelo BTC-EXMACRO.001 que mide la deformación hasta la fractura y una cámara ambiental que alcanza 300°C, el equipo cuenta con software test Xpert II.

El ensayo se llevó a cabo bajo la norma ASTM E21-09 ^[50] que indica el método estándar para pruebas de tensión a elevada temperatura en materiales metálicos a una velocidad de desplazamiento de los cabezales de 5mm/min. Se realizaron los ensayos a 25, 150, 200, 250 y 300°C; previo a cada ensayo la muestra se mantuvo por 20 minutos a la temperatura de ensayo con el fin de homogenizar la temperatura en ella como lo indica la norma antes mencionada.

3.6 Análisis de conductividad térmica

Se maquinaron cilindros de un centímetro de diámetro por 25.4mm de largo del cual se cortaron discos de 2mm de espesor en promedio y se aplicó pintura de grafito para crear un cuerpo negro y provocar la mayor absorción de calor posible para la medición de conductividad térmica en las muestras como se observa en la figura 3.4.



Figura 3.4 Muestras para ensayo de conductividad térmica sin y con grafito.

Se empleó un difusivímetro XFA Xenon que emplea la técnica de flash (figura 3.5), la cual es el método más empleado para medir la difusividad térmica en sólidos, cuenta con un software XenonFlash, en el cual se introducen los valores de Cp y densidad de cada una de las aleaciones a analizar todo esto bajo la norma estándar para la medición de difusividad térmica por el método Flash ASTM E1461- 13^[63]. Es importante mencionar que para el análisis de este método las mediciones se vuelven más estables a partir de 100°C.

Ya que los valores de Cp y densidad no se encuentran en la literatura por ser aleaciones experimentales, estos fueron simulados con la química exacta obtenida de cada muestra en el software JMat Pro (Practical software for materials properties).

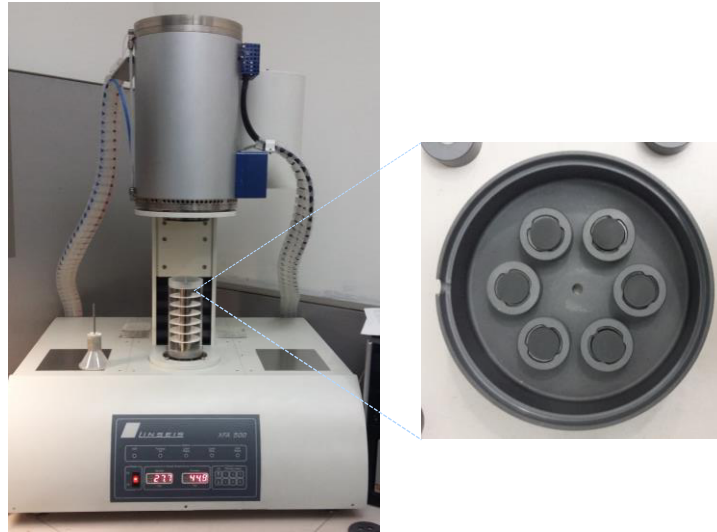


Figura 3.5 Difusivímetro LINSEIS XFA 500

Para el desarrollo de la prueba, una muestra de 1cm de diámetro y 2mm de espesor se somete a un pulso de energía radiante de alta intensidad y corta duración. La energía del pulso se absorbe en la superficie delantera de la probeta y el resultado del aumento de temperatura en la cara posterior es registrado. La difusividad térmica se calcula a partir del espesor de muestra y el tiempo requerido para el aumento de la temperatura en la cara posterior para alcanzar ciertos porcentajes de su valor máximo.

La temperatura de la prueba es medida con un termopar colocado en el porta muestras a la misma altura de la muestra, el aumento de la temperatura en la superficie de la muestra es medido con un detector IR (Infrarrojo) enfriado con nitrógeno líquido. Se realizaron cinco mediciones (pulsos de luz) en cada muestra, lo que permite obtener valores promedio con mayor repetitividad.

CAPITULO IV.

RESULTADOS

4.1 Introducción

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del estudio de caracterización microestructural, ensayo de tensión y conductividad térmica realizados a las cinco aleaciones comparadas en este trabajo.

Se puede observar que las químicas de las aleaciones comerciales RR350 y la 206 están dentro de especificación, para el resto de las aleaciones por ser aleaciones patentadas por la empresa Nematik no se muestra la química final, pero se consideró poner los elementos de aleación principales Cu y Zr, los cuales las hacen comparables a las otras dos aleaciones.

Las químicas de las aleaciones preparadas se presentan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Composición química final de las aleaciones evaluadas en este trabajo.

Aleación	Cu	Mn	Fe	Mg	Ti	Co	Ni	Si	Zr	Sb	B(PPM)	Al
RR350	5.0	0.2	0.1	0.0	0.2	0.3	1.5	0.1	0.2	0.2	5.0	Bal
206 Zr Mn	4.9	0.2	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	30.0	Bal
AlCu7XX	6.5	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	Bal
AlCu6XX	5.8	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	Bal
AlCu5XX	5.0	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	Bal

4.2 Aleación RR350

4.2.1. Caracterización microestructural de aleación RR-350

Se presentan los resultados de la medición de porosidad y tamaño de grano según la norma ASTM para la aleación RR350 en la tabla 4.2, además de una imagen representativa de la muestra a velocidad de solidificación media, atacada químicamente (figura 4.1).

Tabla 4.2 Resultados de tamaño de grano y porosidad de las tres velocidades de solidificación estudiadas en la aleación RR350.

Aleación	Zona	Velocidad de Solidificación	Promedio de Tamaño de grano (μm)	Tamaño de grano ASTM	Porosidad (%)	Tamaño máximo de poro (μm)
RR350	1	Alta	108	Extra Fino	0.095	82
	2	Media	117	Extra Fino	0.19	171
	3	Baja	145	Extra Fino	0.37	222

*Procedimiento ASTM E112 (AFS1986)

Las micrografías de la aleación RR350 a las tres velocidades de solidificación estudiadas en condición de vaciado se muestran en la imagen 4.2, 4.3 y 4.4.

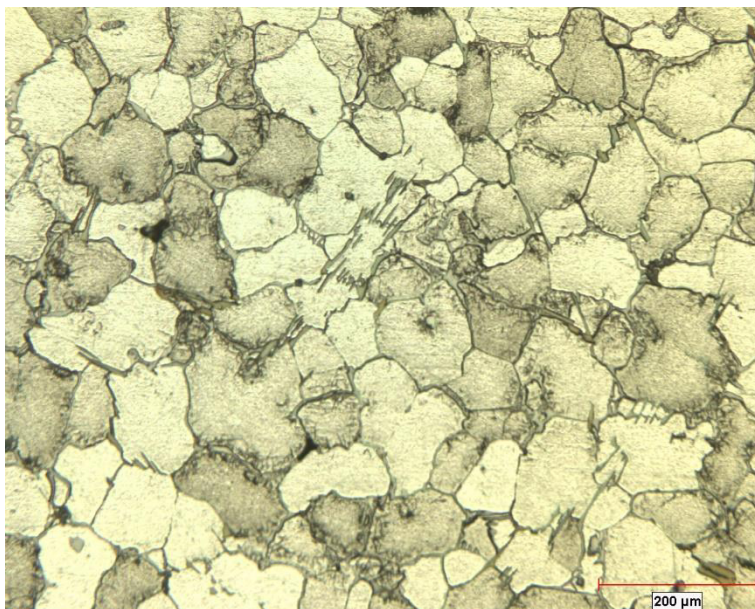


Figura 4.1 Nivel 2, aleación RR350, condición de vaciado, velocidad de solidificación media (Eq. EDS $30\mu\text{m}$), 100X, atacada químicamente.

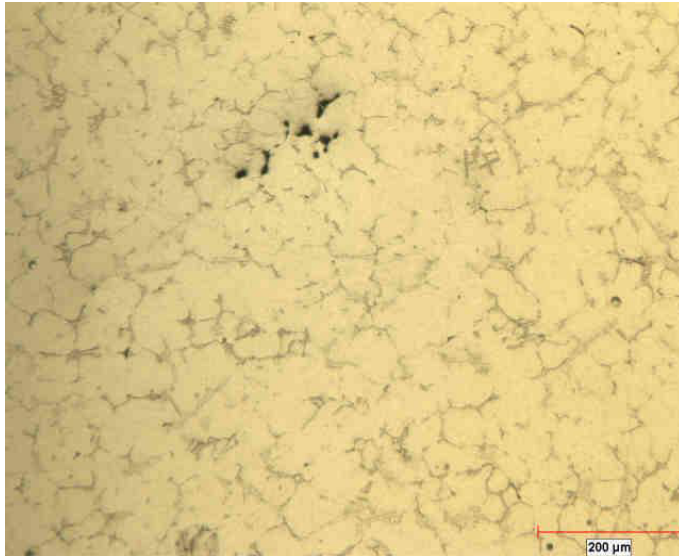


Figura 4.2. Micrografía de aleación RR350, Nivel 1, Velocidad de solidificación alta (Eq. EDS 20μm), condición de vaciado, 100X, sin ataque químico.

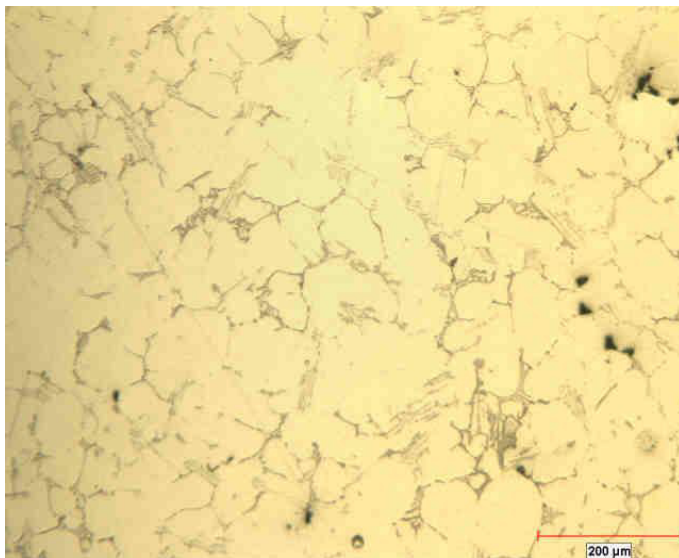


Figura 4.3. Micrografía de aleación RR350, Nivel 2, Velocidad de solidificación media (Eq. EDS 30μm), condición de vaciado, 100X, sin ataque químico.

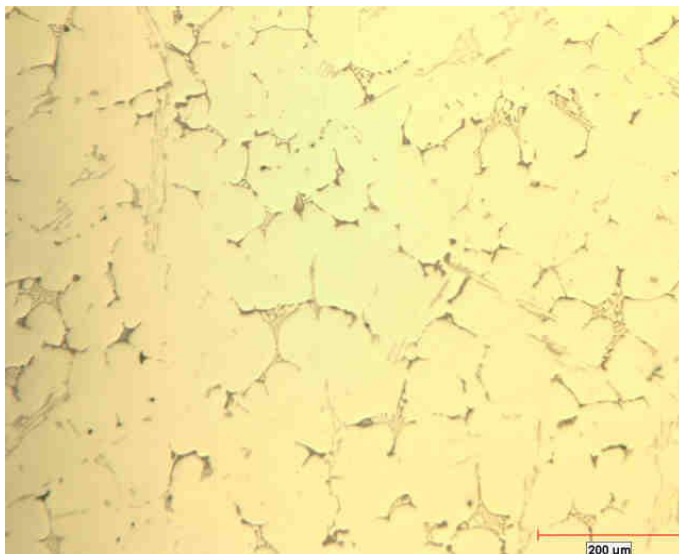


Figura 4.4. Micrografía de aleación RR350, Nivel 3, Velocidad de solidificación baja (Eq. EDS 50μm), condición de vaciado, 100X, sin ataque químico.

4.2.2 Propiedades mecánicas aleación RR350

Se presentan los resultados del ensayo de tensión, mostrando las gráficas de esfuerzo de cedencia (figura 4.5), resistencia última a la tensión (figura 4.6) y elongación total (figura 4.7), para las tres velocidades de solidificación, a las cinco temperaturas de ensayo, es importante mencionar que las muestras fueron sometidas a un sobre-envejecido por 200hr a la temperatura de ensayo.

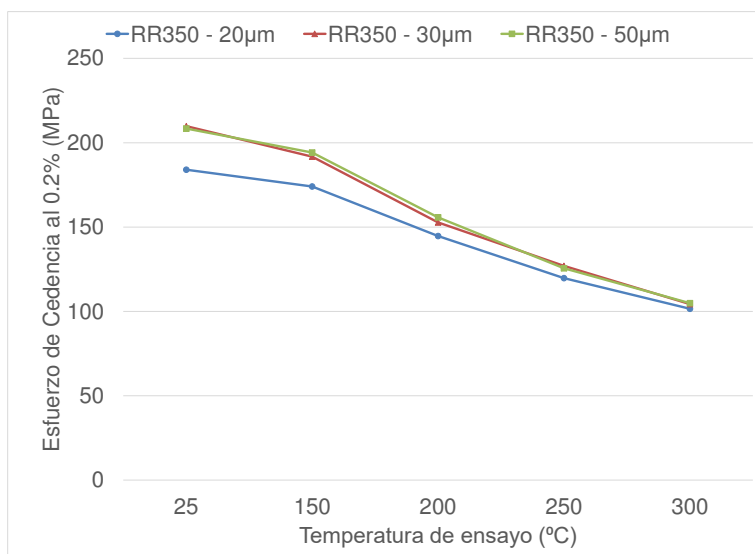


Figura 4.5. Gráfica de esfuerzo de cedencia de la aleación RR350, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

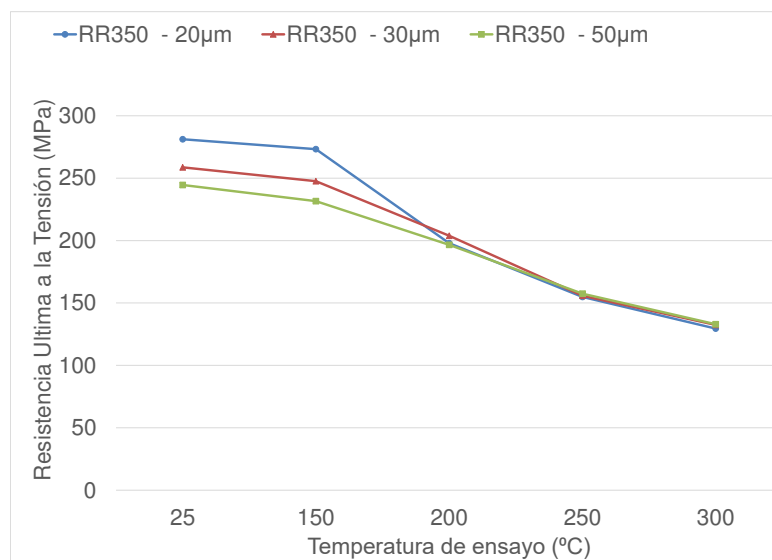


Figura 4 6. Gráfica de resistencia última a la tensión de la aleación RR350, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

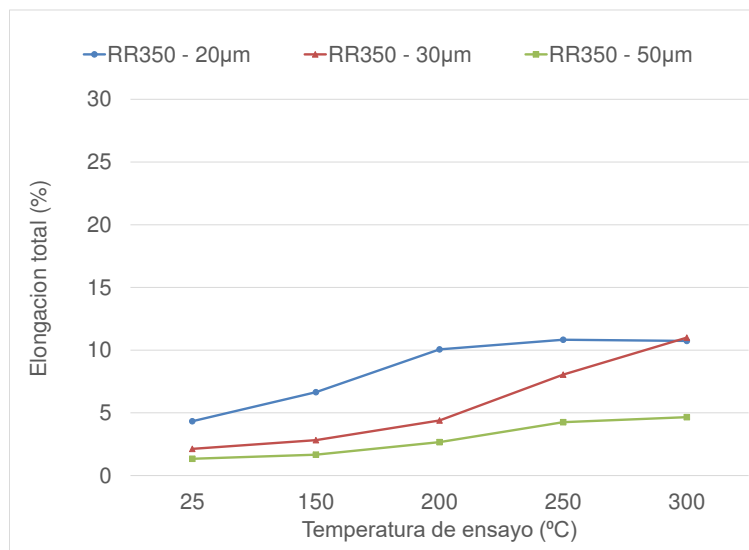


Figura 4 7. Gráfica de elongación total de la aleación RR350. TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

4.2.3 Conductividad térmica de aleación RR350.

Los resultados de difusividad obtenidos por la técnica laser flash se muestran en la figura 4.8, se muestran las tres velocidades de solidificación estudiadas, a siete temperaturas de ensayo diferentes y con un tratamiento de post-envejecido por 200hr.

Posteriormente al valor obtenido de difusividad, se consideró el espesor de la muestra y los valores empíricos de C_p y densidad, los cuales fueron calculados por el software JMatPro con la química final de la aleación, para el cálculo de la conductividad térmica, los resultados para las tres velocidades de solidificación, a las temperaturas de ensayo se muestran en la figura 4.9.

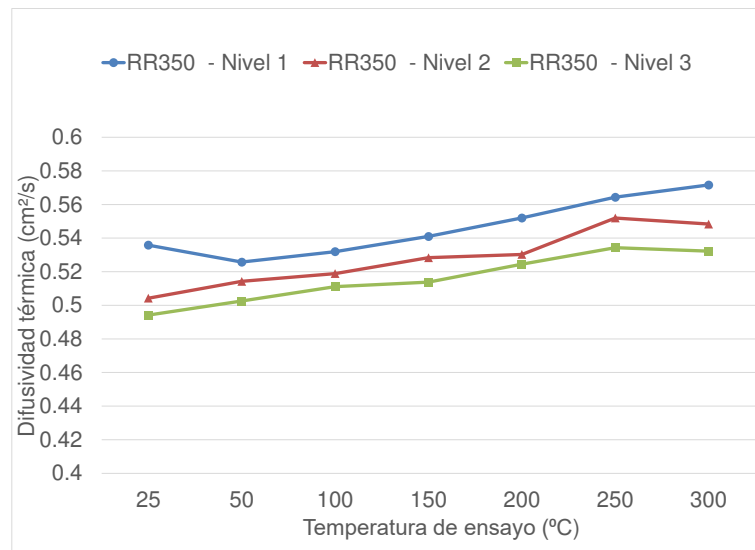


Figura 4 8. Gráfica de Difusividad Térmica de la aleación RR350. TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con 200hr de post-envejecido.

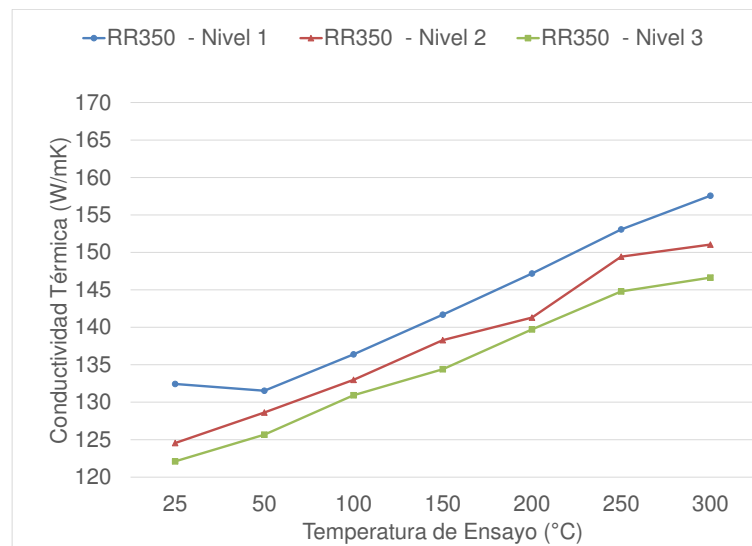


Figura 4 9. Gráfica de Conductividad Térmica de la aleación RR350. TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con 200hr de post-envejecido.

4.3 Aleación 206+Zr

4.3.1 Caracterización microestructural de aleación 206+Zr

Se presentan los resultados de la medición de porosidad y tamaño de grano según la norma ASTM para la aleación 206+Zr en la tabla 4.3, además de una imagen representativa de la muestra a velocidad de solidificación media, atacada químicamente (figura 4.10).

Las micrografías de la aleación 206+Zr a las tres velocidades de solidificación estudiadas en condición de vaciado se muestran en la imagen 4.11, 4.12 y 4.13.

Tabla 4.3 Resultados de tamaño de grano y porosidad de las tres velocidades de solidificación estudiadas en la aleación 206+Zr

Aleación	Zona	Velocidad de Solidificación	Promedio de Tamaño de grano (μm)	Tamaño de grano ASTM	Porosidad (%)	Tamaño máximo de poro (μm)
206 Zr	1	Alta	51	Extra Fino	0.005	149
	2	Media	94	Extra Fino	0.063	197
	3	Baja	121	Extra Fino	0.22	283

*Procedimiento ASTM E112 (AFS1986)

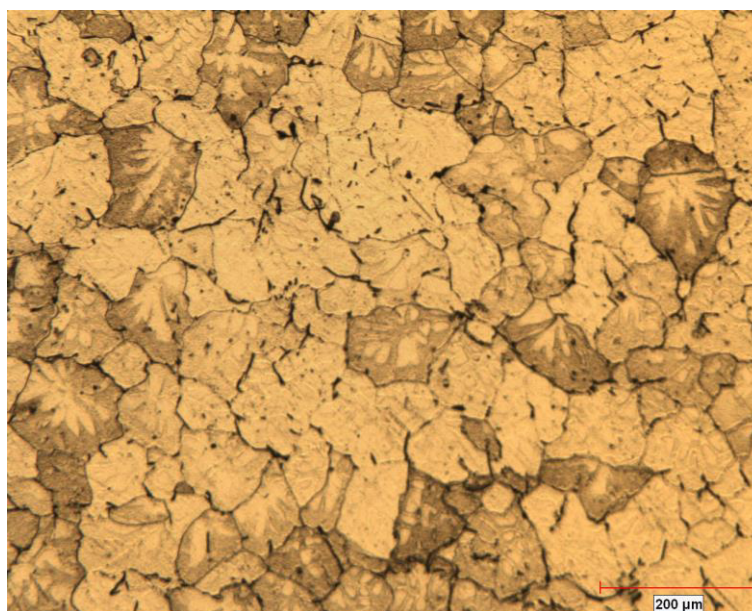


Figura 4.10 Nivel 2 Aleación 206+Zr, Condición de vaciado, Velocidad de solidificación media (Eq. EDS 30 μm), 100X, atacada.

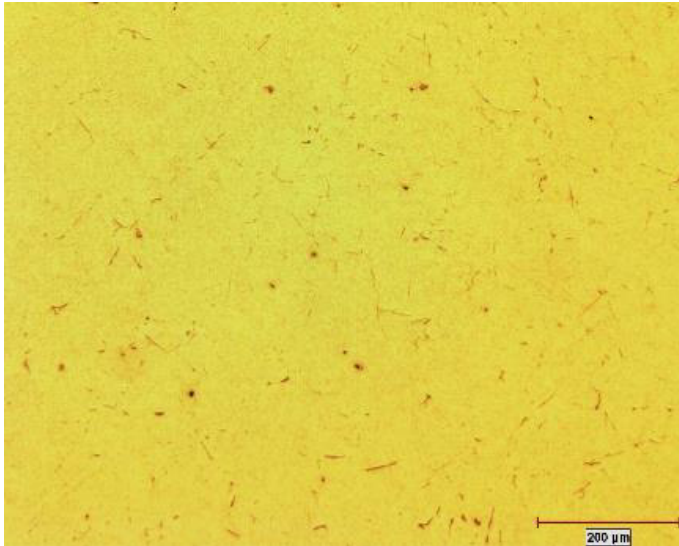


Figura 4.11. Aleación 206+Zr, Velocidad de solidificación alta (Eq. EDS 20μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.

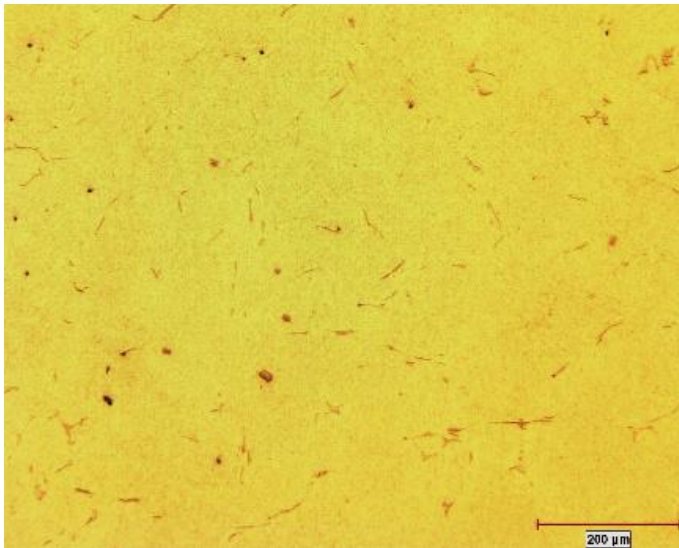


Figura 4.12. Aleación 206+Zr, Velocidad de solidificación media (Eq. EDS 30μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico

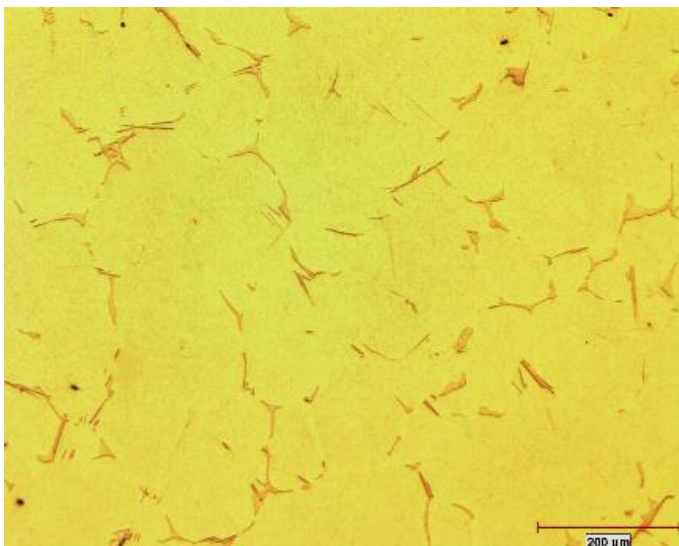


Figura 4.13. Aleación 206+Zr, Velocidad de solidificación baja (Eq. EDS 50μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico

4.3.2 Propiedades mecánicas de aleación 206+Zr

Se presentan los resultados del ensayo de tensión, mostrando las gráficas de esfuerzo de cedencia (figura 4.14), resistencia última a la tensión (figura 4.15) y elongación total (figura 4.16), para las tres velocidades de solidificación, a las cinco temperaturas de ensayo, es importante mencionar que las muestras fueron sometidas a un sobre-envejecido por 200hr a la temperatura de ensayo.

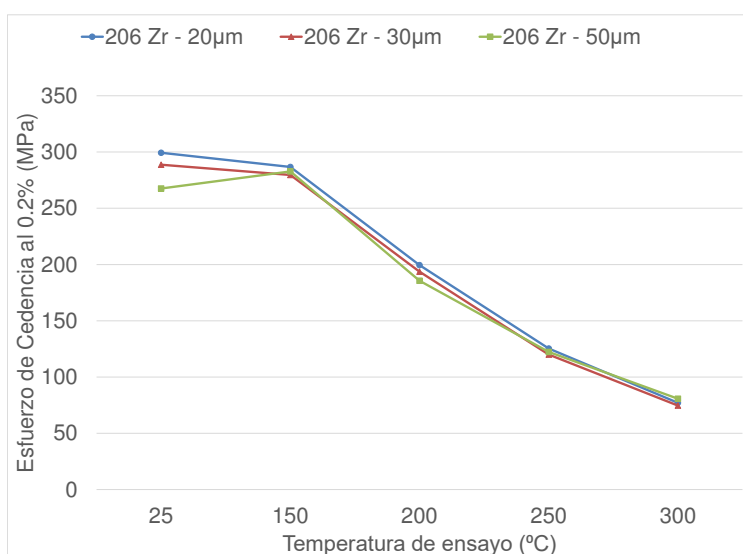


Figura 4.14. Gráfica de esfuerzo de cedencia al 0.2% de la aleación 206+Zr, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

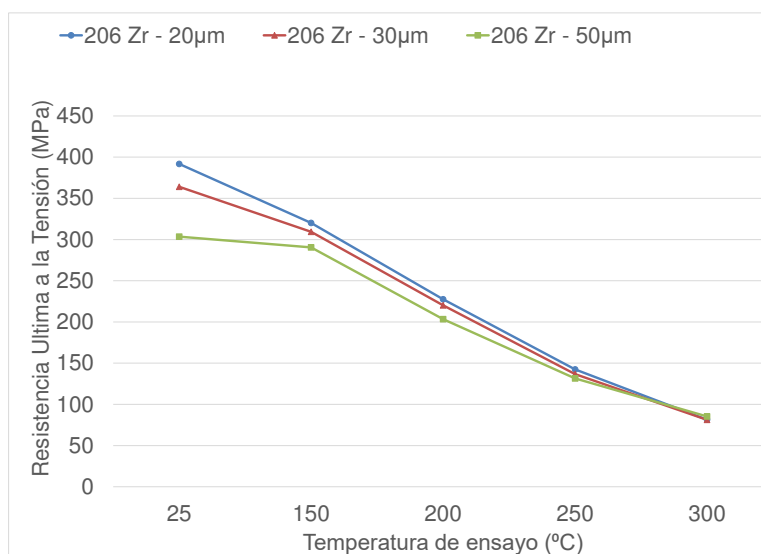


Figura 4.15. Gráfica de resistencia última a la tensión de la aleación 206+Zr, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

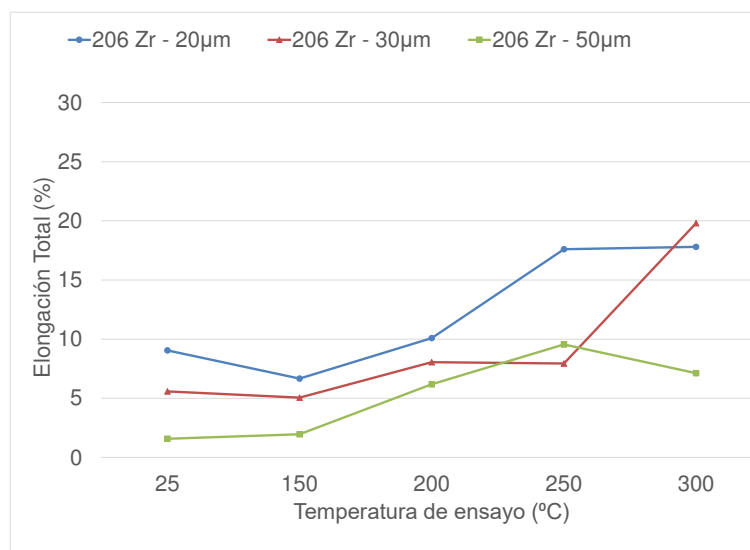


Figura 4.16. Gráfica de elongación total de la aleación 206+Zr, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

4.3.3 Conductividad térmica en aleación 206+Zr

Los resultados de difusividad obtenidos por la técnica laser flash se muestran en la figura 4.17, se muestran las tres velocidades de solidificación estudiadas, a siete temperaturas de ensayo diferentes y con un tratamiento de post-envejecido por 200hr.

Posteriormente al valor obtenido de difusividad, se consideró el espesor de la muestra y los valores empíricos de C_p y densidad, los cuales fueron calculados por el software JMatPro con la química final de la aleación, para el cálculo de la conductividad térmica, los resultados para las tres velocidades de solidificación, a las temperaturas de ensayo se muestran en la figura 4.18.

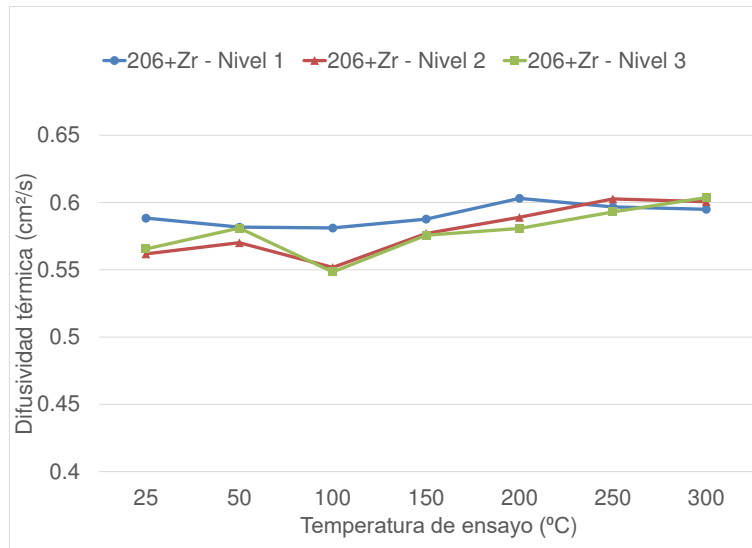


Figura 4.17. Gráfica de difusividad térmica de la aleación 206+Zr, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con 200hr de post-envejecido.

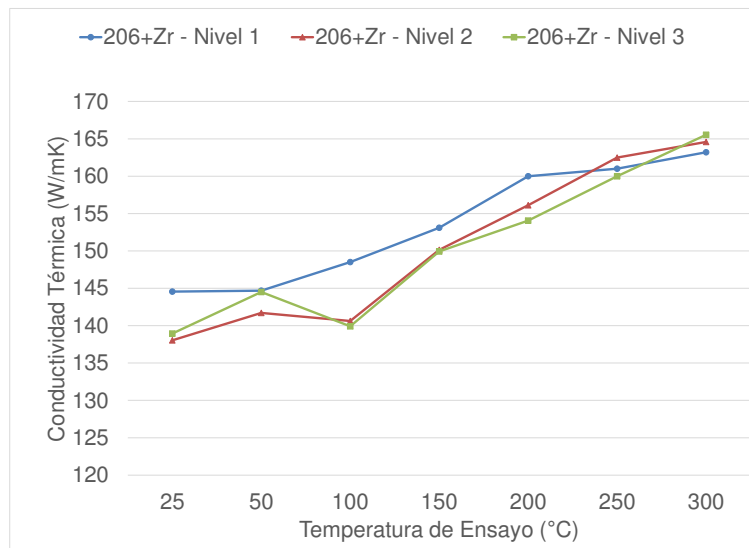


Figura 4.18. Gráfica de conductividad térmica de la aleación 206+Zr, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con 200hr de post-envejecido

4.4 Aleación AlCu5XX

4.4.1 Caracterización microestructural de aleación AlCu5XX

Se presentan los resultados de la medición de porosidad y tamaño de grano según la norma ASTM para la aleación AlCu5XX en la tabla 4.4, además de una imagen representativa de la muestra a velocidad de solidificación media, atacada químicamente (figura 4.19)

Tabla 4.4 Resultados de tamaño de grano y porosidad de las tres velocidades de solidificación estudiadas en la aleación AlCu5XX.

Aleación	Zona	Velocidad de Solidificación	Promedio de Tamaño de grano (μm)	Tamaño de grano ASTM	Porosidad (%)	Tamaño máximo de poro (μm)
AlCu5XX	1	Alta	90	Extra Fino	0.08	112
	2	Media	114	Extra Fino	0.21	154
	3	Baja	122	Extra Fino	0.4	197

*Procedimiento ASTM E112 (AFS1986)

Las micrografías de la aleación AlCu5XX a las tres velocidades de solidificación estudiadas en condición de vaciado se muestran en la imagen 4.20, 4.21 y 4.22.

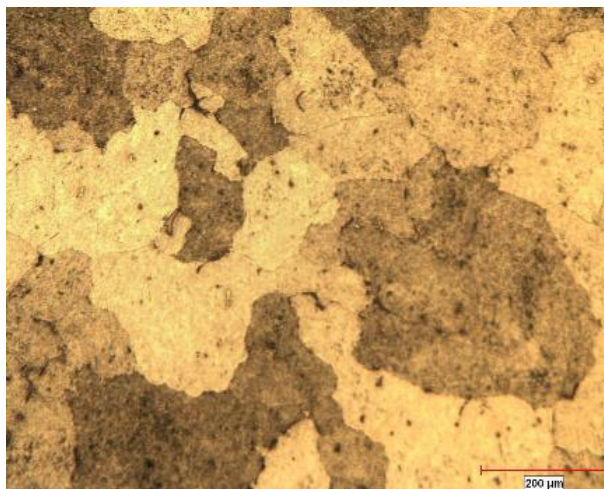


Figura 4.19. Nivel 2 Aleación AlCu5XX, Condición de vaciado, Velocidad de solidificación alta (Eq. EDS 30 μm), 100X, atacada.

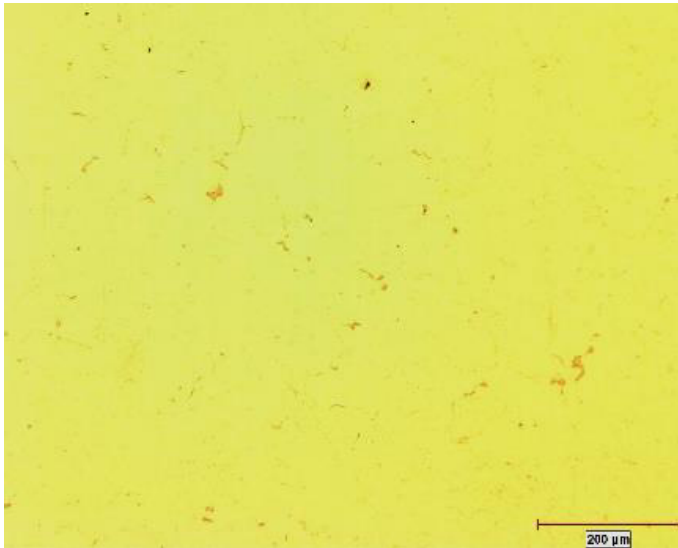


Figura 4.20. Aleación AlCu5XX, Velocidad de solidificación alta (Eq. EDS 20μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico

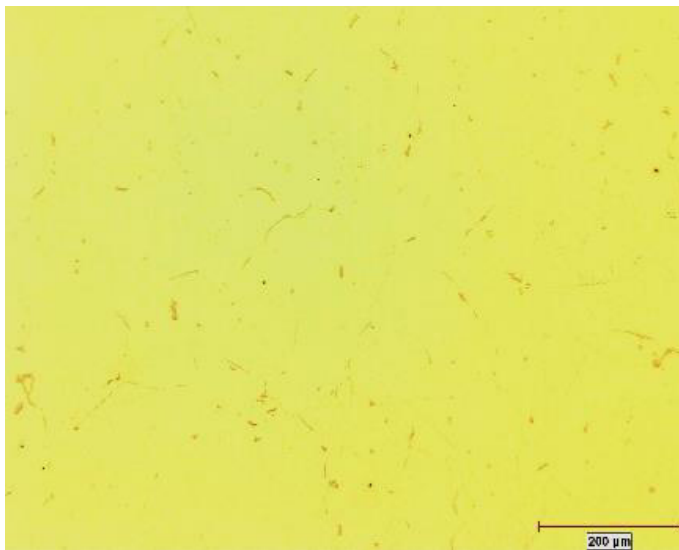


Figura 4.21. Aleación AlCu5XX, Velocidad de solidificación media (Eq. EDS 30μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.

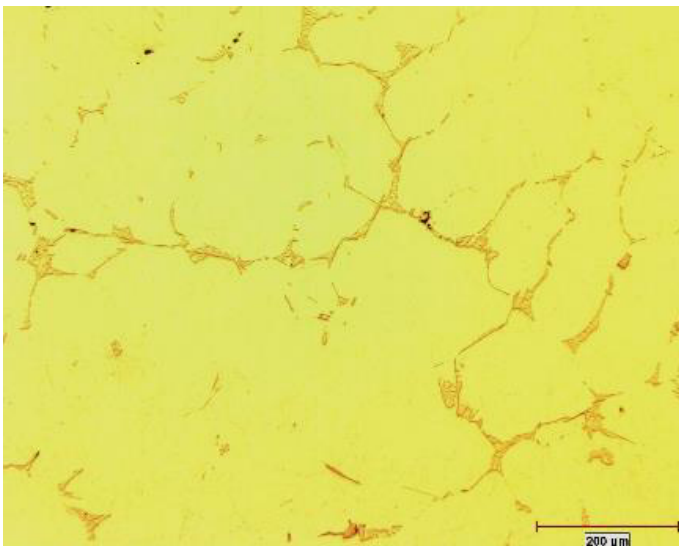


Figura 4.22. Aleación AlCu5XX. Velocidad de solidificación baja (Eq. EDS 50μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico

4.4.2 Propiedades mecánicas de aleación AlCu5XX

Se presentan los resultados del ensayo de tensión, mostrando las gráficas de esfuerzo de cedencia (figura 4.23), resistencia última a la tensión (figura 4.24) y elongación total (figura 4.25), para las tres velocidades de solidificación, a las cinco temperaturas de ensayo, es importante mencionar que las muestras fueron sometidas a un sobre-envejecido por 200hr a la temperatura de ensayo.

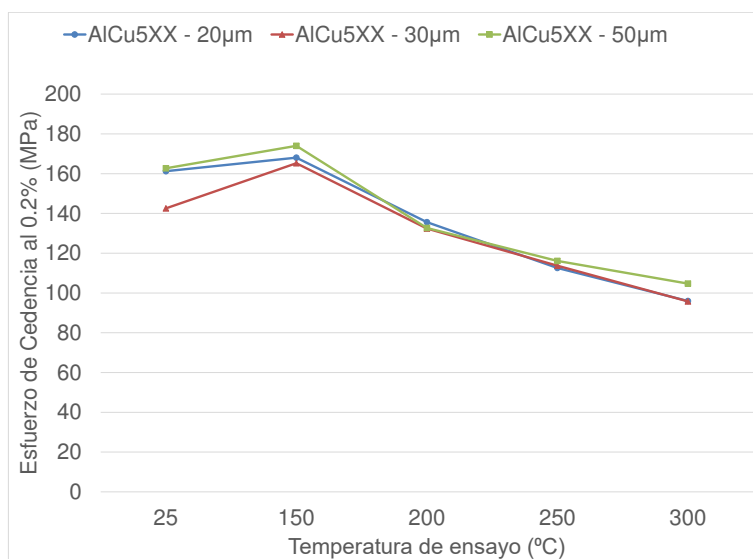


Figura 4.23. Gráfica de esfuerzo de cedencia al 0.2% de la aleación AlCu5XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con pre-acondicionado por 200hr.

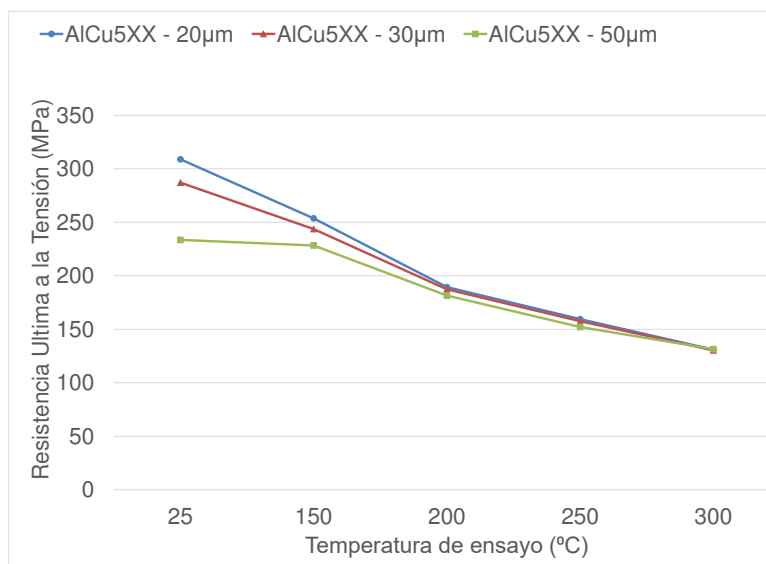


Figura 4.24. Gráfica de resistencia última a la tensión de aleación AlCu5XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con pre-acondicionado por 200hr.

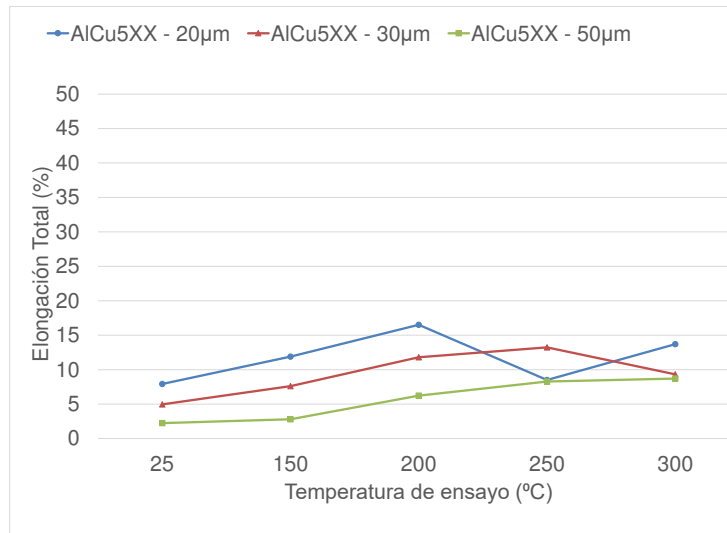


Figura 4.25. Gráfica de elongación total de aleación AlCu5XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con pre-acondicionado por 200hr.

4.4.3 Conductividad térmica de aleación AlCu5XX

Los resultados de difusividad obtenidos por la técnica laser flash se muestran en la figura 4.26, se muestran las tres velocidades de solidificación estudiadas, a siete temperaturas de ensayo diferentes y con tratamiento de post-envejecido por 200hr.

Posteriormente al valor obtenido de difusividad, se consideró el espesor de la muestra y los valores empíricos de C_p y densidad, los cuales fueron calculados por el software JMatPro con la química final de la aleación, para el cálculo de la conductividad térmica, los resultados para las tres velocidades de solidificación, a las temperaturas de ensayo se muestran en la figura 4.27.

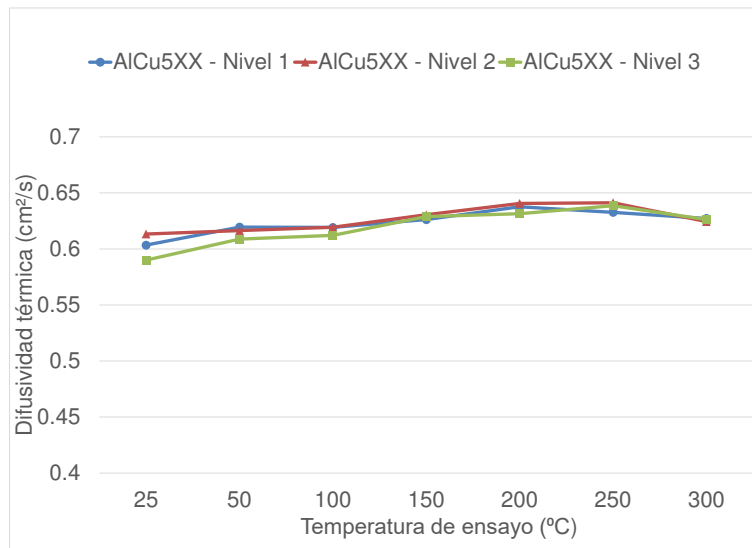


Figura 4.26. Gráfica de difusividad térmica de la aleación AlCu5XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

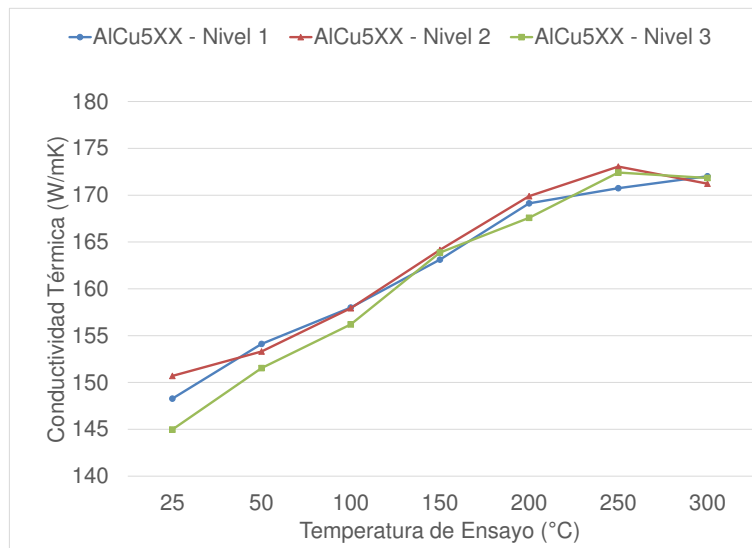


Figura 4.27. Gráfica de conductividad térmica de la aleación AlCu5XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

4.5 Aleación AlCu6XX

4.5.1 Caracterización microestructural de aleación AlCu6XX

Se presentan los resultados de la medición de porosidad y tamaño de grano según la norma ASTM para la aleación AlCu6XX en la tabla 4.5, además de una imagen representativa de la muestra a velocidad de solidificación media, atacada químicamente (figura 4.28).

Tabla 4.5 Resultados de tamaño de grano y porosidad de las tres velocidades de solidificación estudiadas en la aleación AlCu6XX.

Aleación	Zona	Velocidad de Solidificación	Promedio de Tamaño de grano (μm)	Tamaño de grano ASTM	Porosidad (%)	Tamaño máximo de poro (μm)
AlCu6XX	1	Alta	88	Extra Fino	0.14	110
	2	Media	109	Extra Fino	0.23	170
	3	Baja	125	Extra Fino	0.53	265

*Procedimiento ASTM E112 (AFS1986)

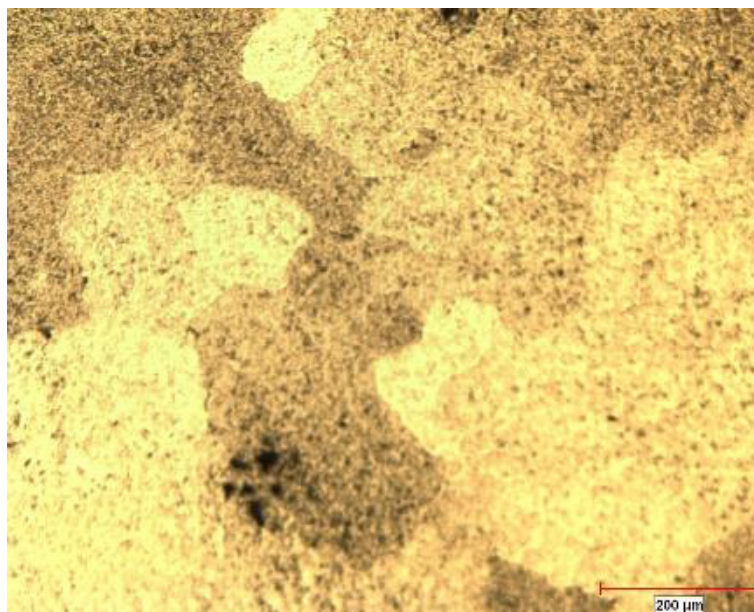


Figura 4.28 Nivel 2 Aleación AlCu6XX, Condición de vaciado, Velocidad de solidificación alta (Eq. EDS 30 μm), 100X, con ataque químico.

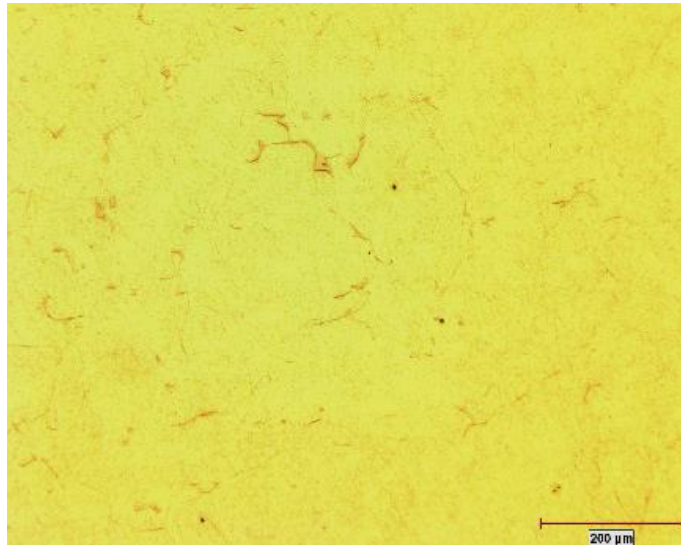


Figura 4.29. Aleación AlCu6XX, Velocidad de solidificación alta (Eq. EDS 20μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.

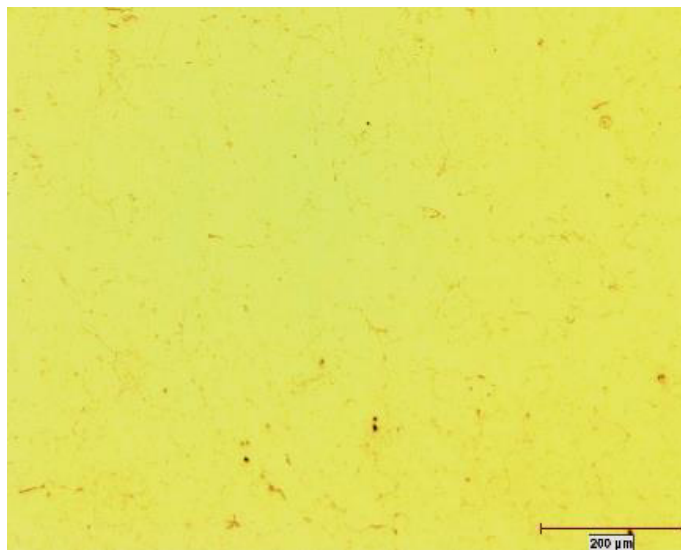


Figura 4.30. Aleación AlCu6XX, Velocidad de solidificación media (Eq. EDS 30μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.

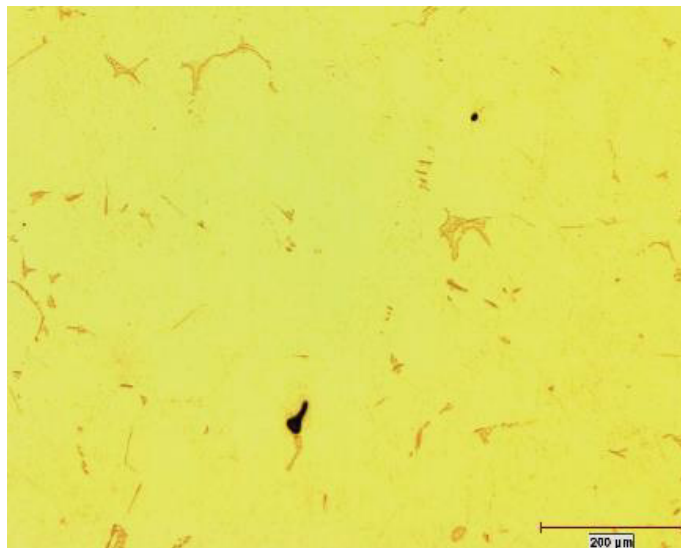


Figura 4.31. Aleación AlCu6XX, Velocidad de solidificación baja (Eq. EDS 50μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.

4.5.2 Propiedades mecánicas de aleación AlCu6XX.

Se presentan los resultados del ensayo de tensión, mostrando las gráficas de esfuerzo de cedencia (figura 4.32), resistencia última a la tensión (figura 4.33) y elongación total (figura 4.34), para las tres velocidades de solidificación, a las cinco temperaturas de ensayo, es importante mencionar que las muestras fueron sometidas a un sobre-envejecido por 200hr a la temperatura de ensayo.

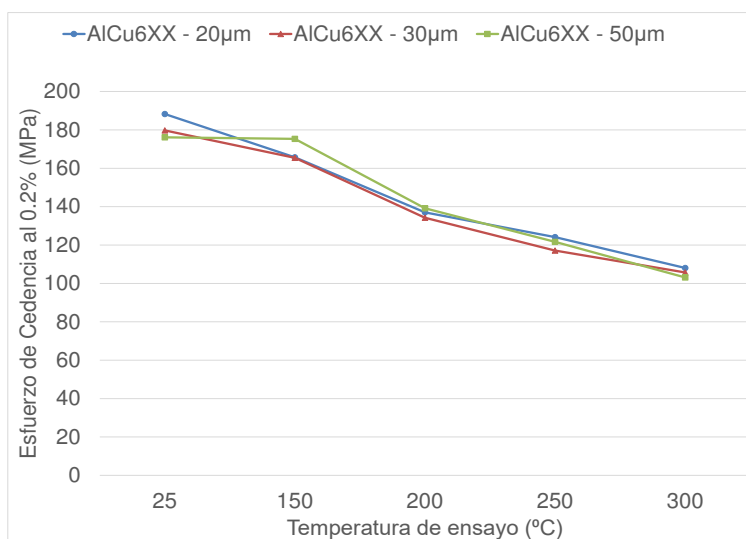


Figura 4.32. Gráfica de esfuerzo de cedencia al 0.2% de la aleación AlCu6XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con 200hr de pre-acondicionado.

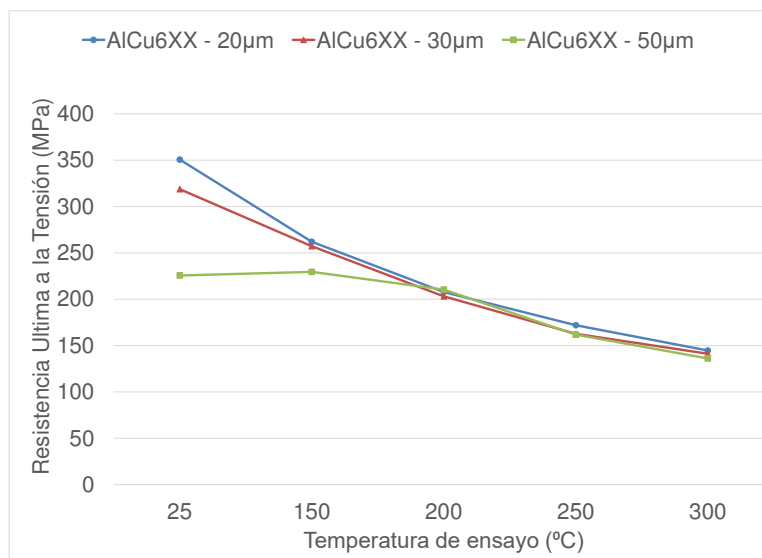


Figura 4.33. Gráfica de resistencia última a la tensión de la aleación AlCu6XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con 200hr de pre-acondicionado.

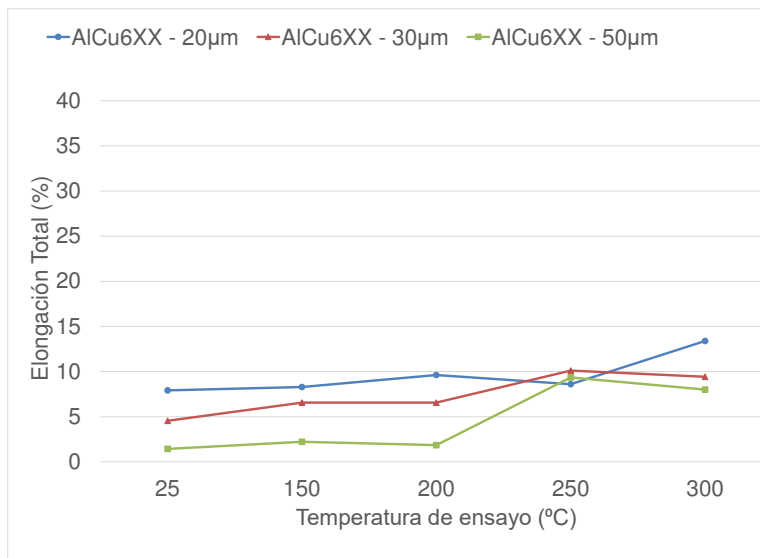


Figura 4.34. Gráfica de elongación total de la aleación AlCu6XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con 200hr de pre-acondicionado.

4.5.3. Conductividad térmica de aleación AlCu6XX

Los resultados de difusividad obtenidos por la técnica laser flash se muestran en la figura 4.35, se muestran las tres velocidades de solidificación estudiadas, a siete temperaturas de ensayo diferentes y con un tratamiento de post-envejecido por 200hr.

Posteriormente al valor obtenido de difusividad, se consideró el espesor de la muestra y los valores empíricos de C_p y densidad, los cuales fueron calculados por el software JMatPro con la química final de la aleación, para el cálculo de la conductividad térmica, los resultados para las tres velocidades de solidificación, a las temperaturas de ensayo se muestran en la figura 4.36.

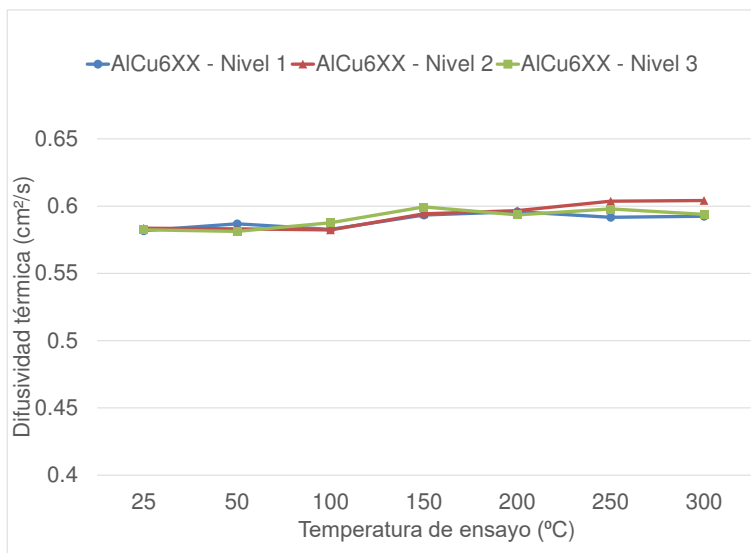


Figura 4.35. Gráfica de difusividad térmica de la aleación AlCu6XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

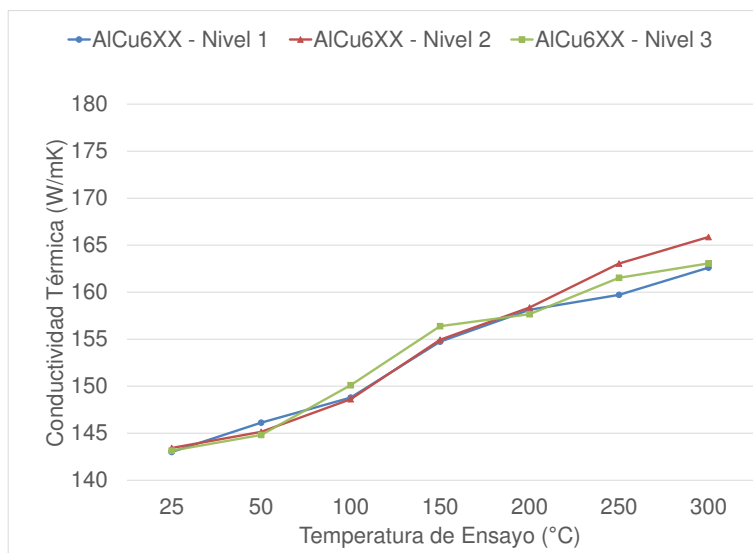


Figura 4.36. Gráfica de conductividad térmica de la aleación AlCu6XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

4.6 Aleación AlCu7XX.

4.6.1 .Caracterización de aleación AlCu7XX.

Se presentan los resultados de la medición de porosidad y tamaño de grano según la norma ASTM para la aleación AlCu6XX en la tabla 4.6, además de una imagen representativa de la muestra a velocidad de solidificación media, atacada químicamente (figura 4.37).

Las micrográficas de la aleación AlCu6XX a las tres velocidades de solidificación estudiadas en condición de vaciado se muestran en la imagen 4.38, 4.39 y 4.40

Tabla 4.6 Resultados de tamaño de grano y porosidad de las tres velocidades de solidificación estudiadas en la aleación AlCu7XX

Aleación	Zona	Velocidad de Solidificación	Promedio de Tamaño de grano (μm)	Tamaño de grano ASTM	Porosidad (%)	Tamaño máximo de poro (μm)
AlCu7XX	1	Alta	68	Extra Fino	0.08	82
	2	Media	92	Extra Fino	0.21	171
	3	Baja	122	Extra Fino	0.25	243

*Procedimiento ASTM E112 (AFS1986)

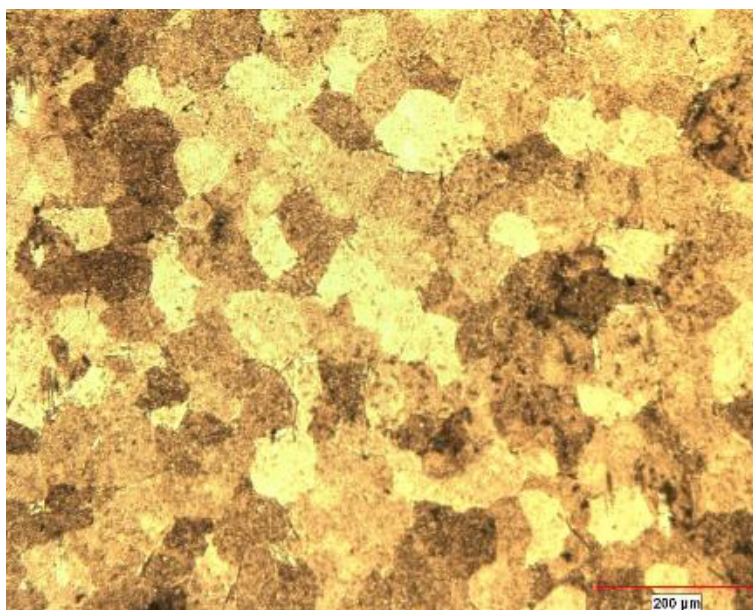


Figura 4.37 Nivel 2 Aleación AlCu7XX, Condición de vaciado, Velocidad de solidificación media (Eq. EDS 30 μm), 100X, atacada.

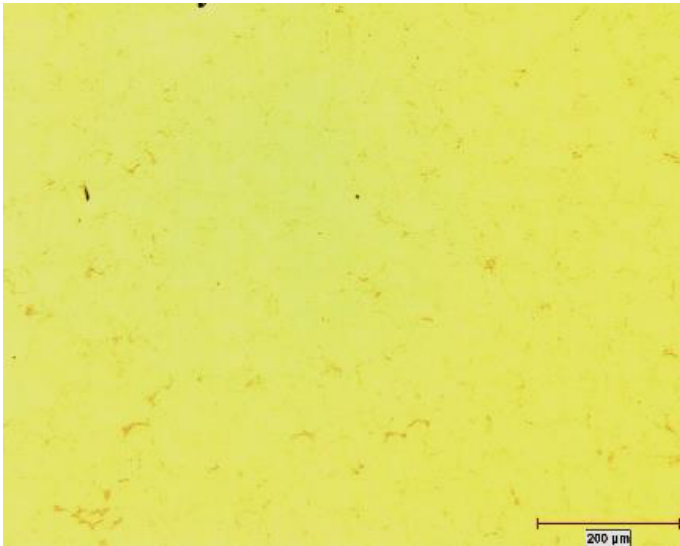


Figura 4.38. Aleación AlCu7XX, Velocidad de solidificación alta (Eq. EDS 20μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.

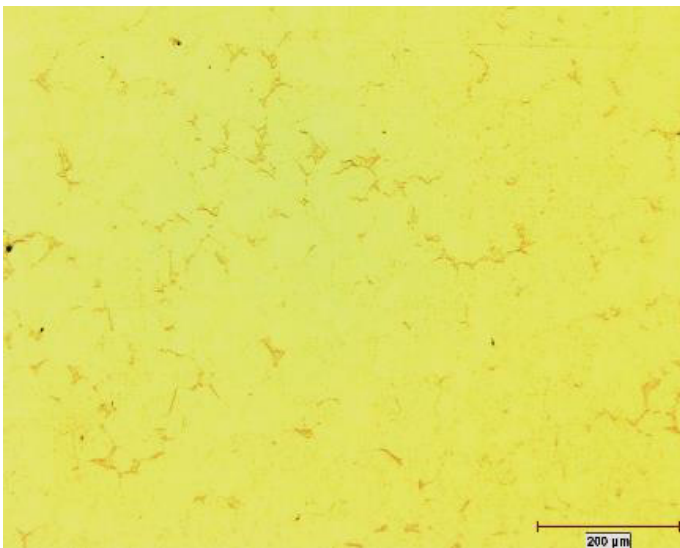


Figura 4.39. Aleación AlCu7XX, Velocidad de solidificación media (Eq. EDS 30μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.

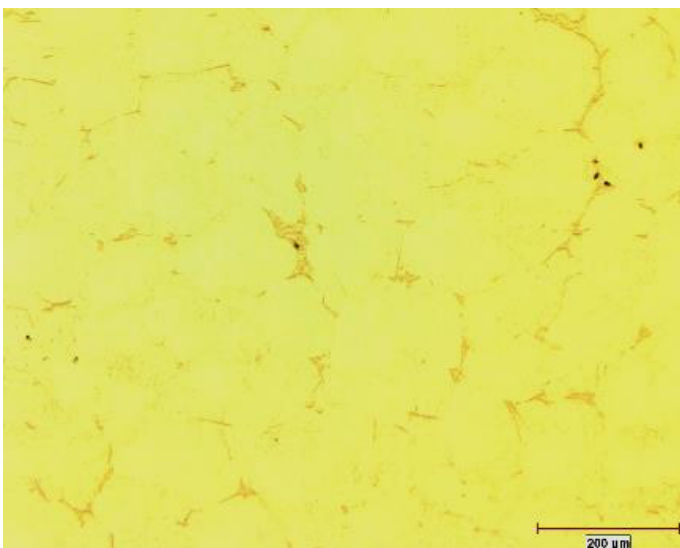


Figura 4.40. Aleación AlCu7XX, Velocidad de solidificación baja (Eq. EDS 50μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.

4.6.2 Propiedades mecánicas de aleación AlCu7XX

Se presentan los resultados del ensayo de tensión, mostrando las gráficas de esfuerzo de cedencia (figura 4.41), resistencia última a la tensión (figura 4.42) y elongación total (figura 4.43), para las tres velocidades de solidificación, a las cinco temperaturas de ensayo, es importante mencionar que las muestras fueron sometidas a un sobre-envejecido por 200hr a la temperatura de ensayo.

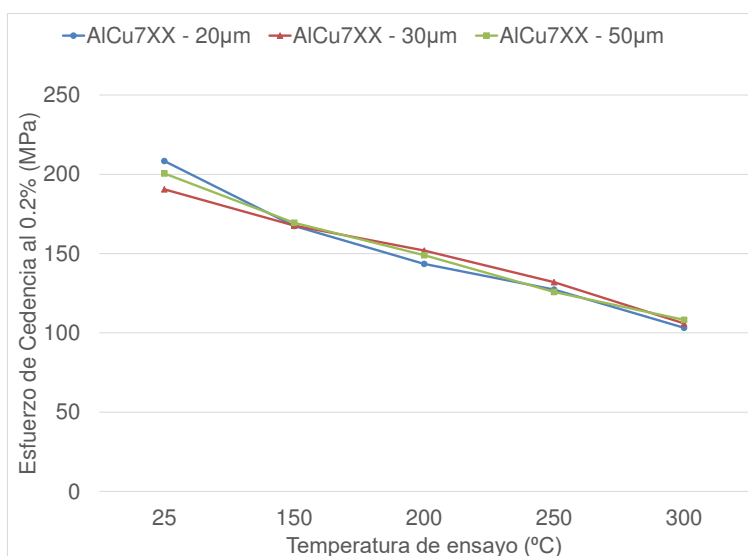


Figura 4.41. Gráfica de esfuerzo de cedencia al 0.2% de la aleación AlCu7XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

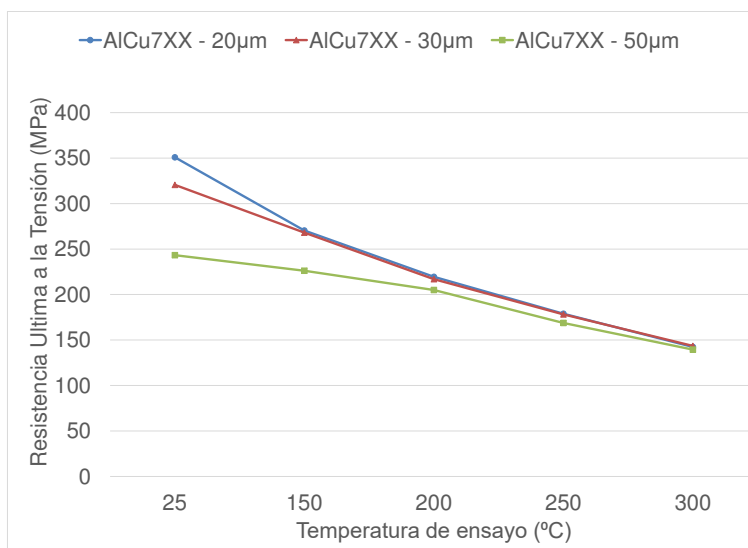


Figura 4.42. Gráfica de resistencia última a la tensión de la aleación AlCu7XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

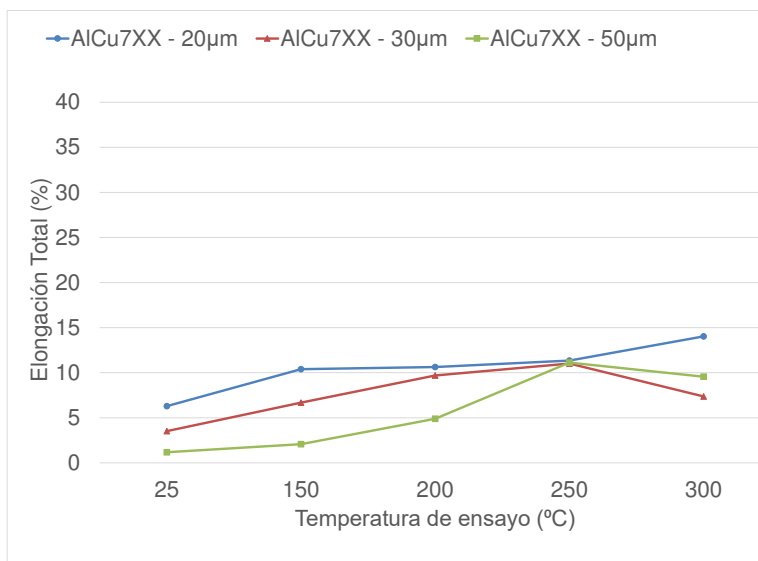


Figura 4.43. Gráfica de elongación total de la aleación AlCu7XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

4.6.3 Conductividad térmica de aleación AlCu7XX

Los resultados de difusividad obtenidos por la técnica laser flash se muestran en la figura 4.44, se muestran las tres velocidades de solidificación estudiadas, a siete temperaturas de ensayo diferentes y con un tratamiento de post-envejecido por 200hr.

Posteriormente al valor obtenido de difusividad, se consideró el espesor de la muestra y los valores empíricos de C_p y densidad, los cuales fueron calculados por el software JMatPro con la química final de la aleación, para el cálculo de la conductividad térmica, los resultados para las tres velocidades de solidificación, a las temperaturas de ensayo se muestran en la figura 4.45.

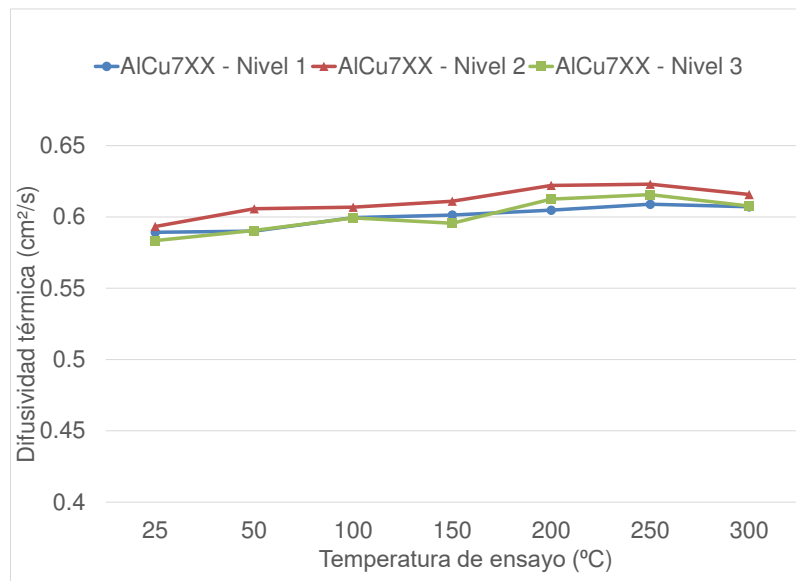


Figura 4.44. Gráfica de difusividad térmica de la aleación AlCu7XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

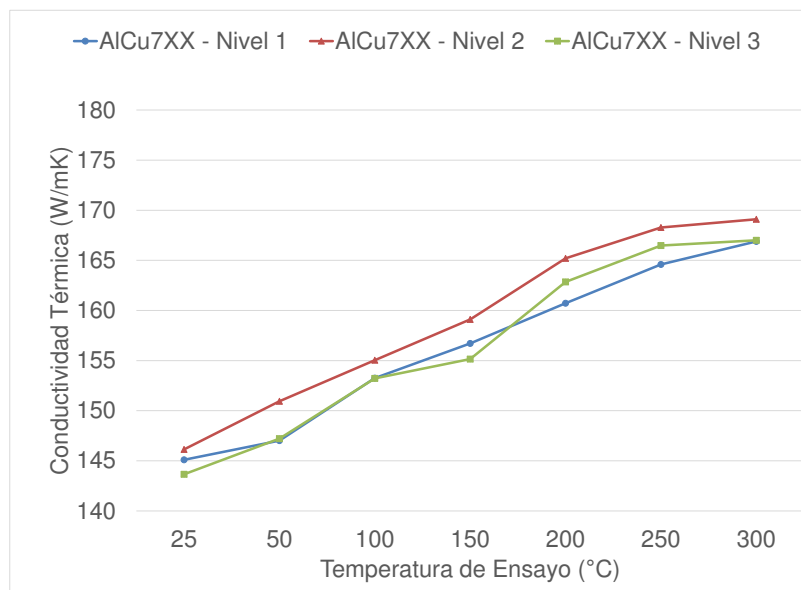


Figura 4.45. Gráfica de conductividad térmica de la aleación AlCu7XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.

CAPITULO V.

DISCUSION

5.1 Introducción

En este capítulo se discuten los resultados obtenidos del estudio de caracterización microestructural, ensayo de tensión y conductividad térmica realizado a las cinco aleaciones comparadas en este trabajo.

Se optó por estudiar primeramente la aleación RR-350 y la aleación 206 con circonio para evaluar su resistencia mecánica y la conductividad térmica, ya que es sabido que este par de aleaciones cuentan con excelentes propiedades lo que las hace factibles para aplicaciones aeroespaciales principalmente, con este trabajo se busca comprobar que también son aptas para resistir las condiciones de presión y temperatura bajo las que están sometidos componentes automotrices como los bloques y las cabezas de motor. ^[4,12]

Las dos aleaciones cuentan con un contenido de 5% Cu, es por ello que las aleaciones propuestas para el estudio oscilan en contenidos de Cu similares manteniendo el máximo nivel de solubilidad de Cu en el Al según el diagrama de fases Al-Cu ^[4] para dos de las composiciones (AlCu5XX, AlCu6XX) y con una tercera composición con un nivel por arriba del máximo para evaluar el efecto (AlCu7XX), según lo reportado en la literatura el contenido de Cu está fuertemente influenciado en la resistencia de las aleaciones factor que se pudo comprobar con el presente estudio.

Las composiciones químicas para las aleaciones preparadas para este trabajo se presentan en la Tabla 4.1. Se observa que las químicas están dentro de especificación. Posteriormente al vaciado, se realizó la caracterización microestructural obteniendo los siguientes detalles:

5.2 Aleación RR350

5.2.1 Caracterización microestructural de aleación RR-350

Presenta una microestructura celular característica de las aleaciones serie 2XX del sistema Al-Cu, se cuenta con la matriz de Al (α), formando celdas rodeadas por precipitados ricos en cobre característico de este tipo de aleaciones, en las fronteras de grano (fase clara) como se muestra en la figura 5.1.

Análisis realizados por Marek Bruska ^[64], muestra que el precipitado que predomina en los bordes de grano es Al_2Cu (Θ) que se presenta como la fase clara y la fase de forma acicular representa intermetálicos de $AlNiCu$.

La velocidad de solidificación afecta directamente en el tamaño de celda como se muestra en las figuras 4.2, 4.3 y 4.4 donde se confirma que a mayores velocidades de solidificación menores tamaños de celda, esto debido a la rápida solidificación que impide el crecimiento de los granos.

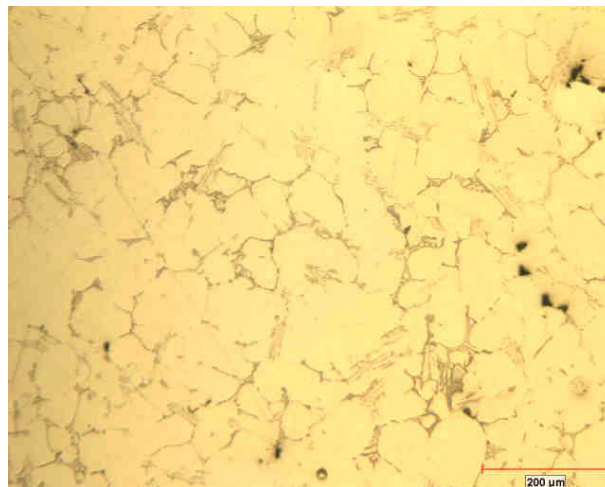


Figura 5.1 Aleación RR350, Velocidad de solidificación media (Eq. EDS 30μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.

Los resultados de la medición de porosidad y tamaño de grano se muestran en la tabla 4.2 donde se aprecia que a una alta velocidad de solidificación se obtuvieron valores de $108\mu\text{m}$ que según la norma ASTM ^[58] corresponde a un tamaño de grano extrafino con un 0.095% de porosidad, en la velocidad de solidificación media se obtuvo un tamaño de grano promedio de 117 correspondiente extra fino y un 0.19% de porosidad mientras que el área de menor velocidad de solidificación presento un promedio de tamaño de grano de $145\mu\text{m}$ con 0.37% de porosidad, la imagen característica de una muestra atacada para medición de grano se presenta en la figura 4.1. Todo lo anterior confirma que a mayores velocidades de solidificación menor tamaño de precipitados, porosidad y tamaño de grano afectando directamente al incremento de la resistencia mecánica de la aleación.

5.2.2 Propiedades mecánicas aleación RR350

Se presentan los resultados del ensayo de tensión a tres velocidades de solidificación diferentes, características de componentes de partes automotrices como el bloque y la cabeza de motor, los ensayos se hicieron a cinco temperaturas diferentes 25, 150, 200, 250 y 300°C. Se destaca el efecto de la temperatura notablemente ya que como se aprecia en las figuras 4.5, 4.6 y 4.7, se observa que conforme se incrementa la temperatura de ensayo, disminuye el esfuerzo de cedencia al 0.2% y la resistencia última a la tensión y por el contrario la elongación tiene una tendencia inversa como lo reportado en la literatura por Marek BŘUSKA ^[64] en su trabajo sobre propiedades mecánicas y estructura de la aleación RR350, debido a que las fases se encuentran más finamente dispersas en la matriz reforzando la matriz de aluminio de la aleación

En este estudio se destaca que para la aleación RR350 el esfuerzo de cedencia entre la velocidad de solidificación media y baja fue ligeramente superior a la de alta velocidad de solidificación en los ensayos hasta 250°C la temperatura superior a esta la diferencia se hizo nula.

La resistencia última a la tensión máxima se presentó para la velocidad de solidificación alta con 270MPa a 150°C, cabe destacar que a partir de 200°C la diferencia entre los valores de UTS para las tres velocidades de solidificación comenzó a hacerse imperceptible, porque a partir de esta temperatura los precipitados pierden coherencia y comienzan a crecer perdiendo estabilidad.

5.2.3 Conductividad térmica de aleación RR350.

Se presentaron primeramente los resultados de difusividad térmica al ser los valores directos obtenidos por el equipo laser flash, el valor más alto de difusividad fue para la velocidad de solidificación alta esto puede atribuirse principalmente a que el tamaño de las fases es menor lo que facilita el flujo de calor a través de la aleación, siendo el valor más alto a 300°C con una difusividad térmica de 0.57cm²/s como se muestra en la figura 4.8.

La temperatura es el factor más importante en este estudio ya que se prolongaron envejecidos por 200hr en las muestras para simular condiciones de uso en los bloques y cabezas de motor y dentro del estudio los valores de conductividad térmica más altos se presentaron en las muestras con post envejecido a 300°C como se muestra en la figura 4.9.

La velocidad de solidificación también juega un papel importante ya que se observan valores de conductividad térmica ligeramente superiores en la velocidad de solidificación alta, se obtuvo el mayor valor de conductividad en la muestra enfriada a alta velocidad con post envejecido a 300°C.

5.3 Aleación 206+Zr

5.3.1 Caracterización aleación 206+Zr

Se muestra una estructura celular característica de las aleaciones Al-Cu ^[55] reportada por Q. Du ^[15] en su trabajo, se observa la segregación de fases en forma de bloques en dos tonalidades diferentes la de color más claro está asociada al precipitado Al_2Cu , mientras que la de tono más oscuro pertenece a intermetálicos más complejos de Fe y Mn. Los intermetálicos en forma de agujas con tonalidades oscuras tiene Fe en su composición principalmente (y en muy pequeñas cantidades Mn), estas fases son característicos en este tipo de aleaciones y segregan preferentemente en los borde de grano, lo cual es necesario para el enriquecimiento del líquido remante de los principales elementos de aleación, esto se ha demostrado en estudios realizados por Donald Backerud ^[12] como se muestra en la figura 5.2.

La influencia de la velocidad de solidificación se muestra en las figuras 4.11, 4.12 y 4.13 donde se muestran micrografías características de cada una de ellas.

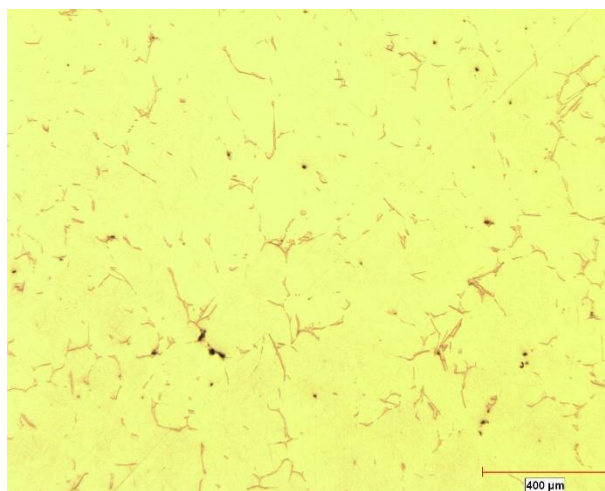


Figura 5.2 Aleación 206+Zr, Velocidad de solidificación media (Eq. EDS 30μm), 50X, Condición de vaciado, sin ataque químico.

Los resultados de porosidad y tamaño de grano se presentan en la Tabla 4.3 donde se muestra que a una alta velocidad de solidificación se obtuvo un tamaño de grano promedio de 51 μ m que según la norma ASTM ^[58] corresponde a un tamaño de grano extra fino con 0.005% de porosidad, en la velocidad de solidificación media se obtuvo un tamaño promedio de 94 μ m siendo grano extra fino con 0.063% de porosidad y en la velocidad baja un tamaño de grano promedio de 121 μ m correspondiente a un tamaño de grano extra fino con un promedio de 0.22% de porosidad. De todo lo anterior podemos concluir que el aumento de la velocidad de solidificación es benéfico para aumentar las propiedades mecánicas al reducir la porosidad, el tamaño de las fases segregadas y de los granos.

5.3.2 Propiedades mecánicas de aleación 206+Zr

Se presentan los resultados del ensayo de tensión para la aleación 206+Zr a tres velocidades de solidificación, características de partes importantes en componentes utilizados para la manufactura de automóviles como lo son bloques y la cabeza de motor, los ensayos se hicieron a cinco temperaturas diferentes 25, 150, 200, 250 y 300°C.

Se destaca el efecto de la temperatura notablemente ya que como se ve en las figuras 4.14, 4.15 y 4.16 donde se muestran los resultados de esfuerzo de cedencia al 0.2%, resistencia ultima a la tensión y elongación total, se observa que conforme se incrementa la temperatura de ensayo disminuye el esfuerzo de cedencia al 0.2% y la resistencia ultima a la tensión, por el contrario, la elongación tiene una tendencia inversa como lo reportado en la literatura por A. W. Gunderso ^[61] en su trabajo sobre propiedades mecánicas a alta temperatura para aleaciones de aluminio. Para la aleación 206+Zr, el esfuerzo de cedencia entre las diferentes velocidades de solidificación no es considerado, ya que la diferencia es mínima en los ensayos realizados a partir de 150 °C. La resistencia última a la tensión máxima se presentó para la velocidad de solidificación alta con cerca de 400MPa a temperatura ambiente, cabe destacar que la pérdida de resistencia se mantiene al incrementar la temperatura de ensayo, esto principalmente por la alta energía de movilidad agregada por la temperatura lo que favorece directamente a la pérdida de resistencia de las fases presentes, ya que se promueve el crecimiento de las mismas.

5.3.3 Conductividad térmica en aleación 206+Zr

Los valores de difusividad obtenidos para las tres velocidades de solidificación se presentan en la gráfica 4.17, para esta aleación no se observó gran diferencia entre las tres velocidades estudiadas, mostrando el valor más alto a 200°C obteniendo una difusividad de 0.6 cm²/s.

La temperatura es el factor más importante en este estudio ya que se prolongaron envejecidos por 200hr en las muestras para simular condiciones de uso en los bloques y cabezas de motor y dentro del estudio los valores de conductividad térmica más altos se presentaron en las muestras con post envejecido a 300°C como se muestra en la figura 4.18.

La velocidad de solidificación también juega un papel importante ya que se observan valores de conductividad térmica ligeramente superiores en la velocidad de solidificación alta hasta los ensayos a 200°C, por arriba de esta temperatura el efecto deja de ser considerable para las tres velocidades de solidificación, esto se atribuye principalmente al tamaño de los precipitados a velocidades mayores de solidificación los precipitados son mas pequeños y permiten el paso de calor y a medida que la velocidad disminuye los precipitados son mayores, lo mismo pasa con la temperatura de ensayo promueve el crecimiento y maduración de precipitados funcionando como barreras ante el paso de calor.

5.4 Aleación AlCu5XX

5.4.1 Caracterización microestructural de aleación AlCu5XX

Se muestra una estructura celular característica de las aleaciones Al-Cu ^[55] reportada por Roberto Rioja ^[6] y Joel Moreno ^[8] en su trabajo, se observa la segregación de fases en forma de bloques color claro pertenecientes a la fase Al_2Cu y se presenta en forma de agujas de tonalidad más oscura los intermetálicos de Al-Fe-Mn y además en menor cantidad se presentan fases en forma de bloques de tonalidad más oscura pertenecientes a precipitados formados por Al-Cu-Mn característicos en este tipo de aleaciones según los estudios mostrados por Donald Bäckerud ^[12] como se muestra en la figura 5.3.

La influencia de la velocidad de solidificación se muestra en las figuras 4.20, 4.21 y 4.22 donde se muestran micrografías características de cada una de ellas.

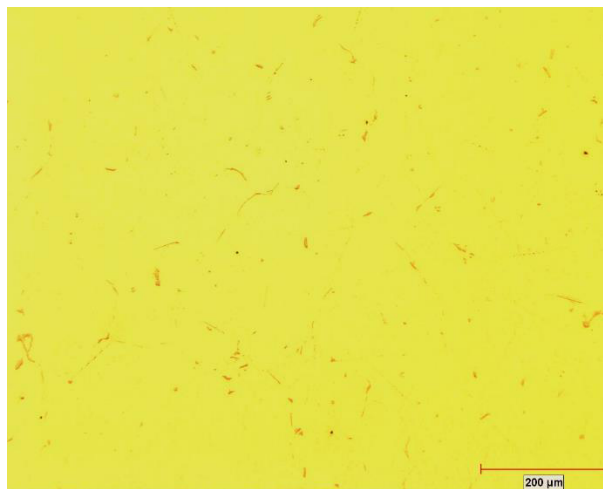


Figura 5.3 Aleación AlCu5MnZr, Velocidad de solidificación media (Eq. EDS 30μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.

Los resultados de porosidad y tamaño de grano se presentan en la Tabla 4.4 donde se muestra que a una alta velocidad de solidificación se obtuvo un tamaño de grano promedio de $90\mu\text{m}$ que según la norma ASTM ^[58] corresponde a un tamaño de grano extra fino con 0.08% de porosidad, en la velocidad de solidificación media se obtuvo un tamaño promedio de $114\mu\text{m}$ siendo grano extra fino con 0.21% de porosidad y en la velocidad baja un tamaño de grano promedio de $122\mu\text{m}$ correspondiente a un tamaño de grano extra fino con un promedio de 0.4% de porosidad. De esto podemos decir que el aumento de la velocidad de solidificación es benéfico para aumentar las propiedades mecánicas al reducir la porosidad, el tamaño de las fases segregadas y de los granos, mejorando la sanidad de la aleación.

5.4.2 Propiedades mecánicas de aleación AlCu5XX

Se presentan los resultados del ensayo de tensión para la aleación AlCu5XX a tres velocidades de solidificación diferentes características de partes de componentes utilizados para la manufactura de automóviles como lo son monobloques y la cabeza de motor, los ensayos se hicieron a cinco temperaturas diferentes 25, 150, 200, 250 y 300°C.

Se destaca el efecto de la temperatura notablemente ya que como se ve en las figuras 4.23, 4.24 y 4.25 donde se muestran los resultados de esfuerzo de cedencia al 0.2%, resistencia última a la tensión y elongación total se observa que conforme se incrementa la temperatura de ensayo disminuye el esfuerzo de cedencia al 0.2% y la resistencia última a la tensión y por el contrario la elongación tiene una tendencia inversa como lo reportado en la literatura por A. W. Gunderson ^[61] y en su trabajo sobre propiedades mecánicas a alta temperatura para aleaciones de aluminio.

En este trabajo se destaca que para la aleación AlCu5XX el esfuerzo de cedencia entre las diferentes velocidades de solidificación no es considerada por ser mínima desde los ensayos realizados a 200 °C, pero el máximo valor se obtuvo en el ensayo a 150°C esto

debido a un sobre envejecido realizado a esta temperatura como lo reportado por el autor S. P. Ringer ^[37] en su estudio de endurecimiento por envejecido en aleaciones de aluminio.

La resistencia última a la tensión máxima se presentó para la velocidad de solidificación alta con cerca de 310MPa a temperatura ambiente, cabe destacar que la pérdida de resistencia se mantiene al incrementar la temperatura de ensayo, esto atribuido principalmente al incremento de energía o desorden la estructura de la aleación que conlleva a la pérdida de coherencia en los precipitados, perdiendo resistencia mecánica por la maduración y crecimiento de los mismos.

5.4.3 Conductividad térmica de aleación AlCu5XX

La temperatura es el factor más importante en este estudio ya que se prolongaron envejecidos por 200hr en las muestras para simular condiciones de uso en los monoblock y cabezas de motor y dentro del estudio los valores de difusividad térmica se presentan en la figura 4.26, donde se observa que no hay variación significativa en los valores obtenidos de las tres velocidades de solidificación estudiadas, los valores más altos se presentaron a 200°C con un valor promedio de 0.64cm²/s.

Para esta aleación, la velocidad de solidificación no juega un papel importante respecto a los valores de conductividad térmica ya que no hay diferencia considerable entre las tres velocidades de solidificación (figura 4.27). El valor de conductividad térmica más alto se obtuvo para la velocidad de solidificación media a 250°C con un valor de 173 W/mK.

5.5 Aleación AlCu6XX

5.5.1 Caracterización microestructural de aleación AlCu6XX

Se muestra una estructura celular característica de las aleaciones Al-Cu ^[55] reportada por Roberto Rioja ^[6] y Joel Moreno ^[8] en su trabajo, se observa la segregación de fases como la Al_2Cu en forma de bloques (fase clara) y los intermetálicos más complejos en forma de agujas color más oscuro de Mn y Fe característicos en este tipo de aleaciones según los estudios mostrados por Donald Backerud ^[12] presentes en forma de agujas color café oscuro (figura 5.4).

La influencia de la velocidad de solidificación se muestra en las figuras 4.29, 4.30 y 4.31 donde se muestran micrografías características de cada una de ellas. El efecto de la velocidad de solidificación se ve directamente en los valores de porosidad y tamaño de grano de los diferentes niveles estudiados lo que nos indica que a mayores velocidades de solidificación mejor sanidad en la aleación.

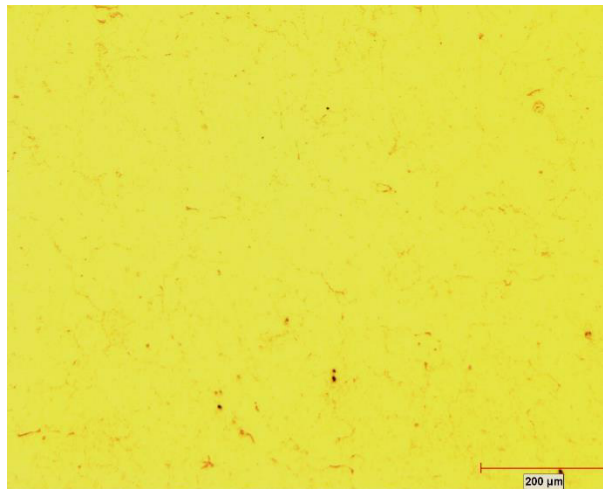


Figura 5.4 Aleación AlCu6XX, Velocidad de solidificación media (Eq. EDS 30μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.

Los resultados de porosidad y tamaño de grano se presentan en la Tabla 5.5 donde se muestra que a una alta velocidad de solidificación se obtuvo un tamaño de grano promedio de 88 μ m que según la norma ASTM ^[58] corresponde a un tamaño de grano extra fino con 0.14% de porosidad, en la velocidad de solidificación media se obtuvo un tamaño promedio de 109 μ m siendo grano extra fino con 0.23% de porosidad y en la velocidad baja un tamaño de grano promedio de 125 μ m correspondiente a un tamaño de grano extra fino con un promedio de 0.53% de porosidad.

5.5.2 Propiedades mecánicas de aleación AlCu6XX.

Se presentan los resultados del ensayo de tensión para la aleación AlCu6XX a tres velocidades de solidificación diferentes características de partes de componentes utilizados para la manufactura de automóviles como lo son monoblock y la cabeza de motor, los ensayos se hicieron a cinco temperaturas diferentes 25, 150, 200, 250 y 300°C.

Se destaca el efecto de la temperatura notablemente ya que como se ve en la gráfica 4.32, 4.33 y 4.34 donde se muestran los resultados de esfuerzo de cedencia al 0.2%, resistencia última a la tensión y elongación total se observa que conforme se incrementa la temperatura de ensayo disminuye el esfuerzo de cedencia al 0.2% y la resistencia última a la tensión y por el contrario la elongación tiene una tendencia inversa como lo reportado en la literatura por A. W. Gunderson ^[61] y en su trabajo sobre propiedades mecánicas a alta temperatura para aleaciones de aluminio.

En este estudio se observa que para la aleación AlCu6XX el esfuerzo de cedencia a la velocidad de solidificación baja ensayada a 200°C presenta un incremento notable esto debido a un sobre envejecido realizado a esta temperatura como lo reportado por el autor S. P. Ringer ^[37] en su estudio de endurecimiento por envejecido en aleaciones de aluminio.

La resistencia última a la tensión máxima se presentó para la velocidad de solidificación alta con cerca de 350MPa a temperatura ambiente, cabe destacar que la pérdida de resistencia se mantiene al incrementar la temperatura de ensayo esto atribuido al crecimiento y maduración de los precipitados, que la perder coherencia pierden estabilidad y dejan de funcionar como reforzantes decreciendo la resistencia de la aleación.

5.5.3 Conductividad térmica de aleación AlCu6XX

Primeramente se muestran los valores de difusividad térmica obtenidos de la medición directa de las muestras por la técnica laser flash, los resultados para las tres velocidades de solidificación se muestran en la figura 4.35, donde se observa que los valores entre las tres velocidades no cuentan con diferencia considerable entre ellos, se obtuvieron los valores ligeramente más altos a 250°C con 0.6cm²/s.

La temperatura es el factor más importante en este estudio ya que se prolongaron envejecidos por 200hr en las muestras para simular condiciones de uso en los monoblock y cabezas de motor y dentro del estudio los valores de conductividad térmica más altos se presentaron en las muestras con post envejecido a 300°C como se muestra en la figura 4.36.

Para esta aleación la velocidad de solidificación no juego un papel importante respecto a los valores de conductividad térmica ya que no hay diferencia considerable entre las tres velocidades de solidificación, esto puede atribuirse principalmente a que las fases presentes en las tres velocidades de solidificación son similares en cantidad y forma. El valor de conductividad térmica más alto se obtuvo para la velocidad de solidificación media a 300°C con un valor de 167 W/mK.

5.6 Aleación AlCu7XX

5.6.1 Caracterización de aleación AlCu7XX

Se muestra una estructura celular característica de las aleaciones Al-Cu ^[55] reportada por Roberto Rioja ^[6] y Joel Moreno ^[8] en su trabajo, se observa la segregación de fases en forma de bloques como la Al_2Cu presente como la fase clara y los intermetálicos de Cu y Mn presentes como bloques de tonalidad oscura además de intermetálicos más complejos en forma de agujas formados principalmente por Fe y Mn característicos en este tipo de aleaciones según los estudios mostrados por Donald Backerud ^[12] como se muestra en la figura 5.5.

La influencia de la velocidad de solidificación se muestra en las figuras 4.38, 4.39 y 4.40 donde se muestran micrografías características de cada una de ellas. Y en los resultados obtenidos de la medición de porosidad y tamaño de grano realizado en los tres niveles donde se comprueba que a mayores velocidades de solidificación mejor resistencia mecánica, atribuido principalmente a que se tienen una mejor sanidad de la aleación.

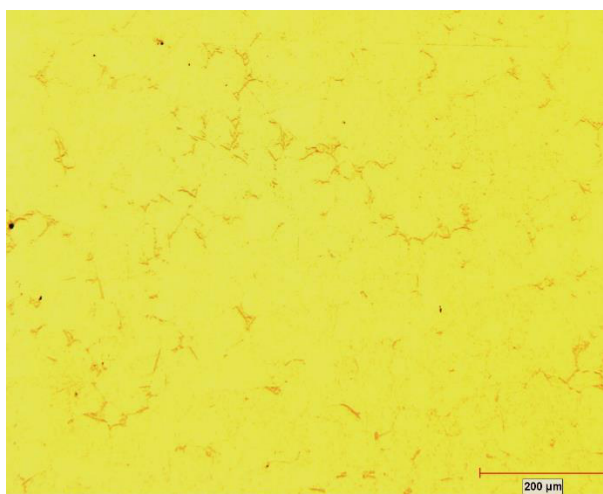


Figura 5.5 Aleación AlCu7XX, Velocidad de solidificación media (Eq. EDS 30μm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.

Los resultados de porosidad y tamaño de grano se presentan en la Tabla 4.6 donde se muestra que a una alta velocidad de solidificación se obtuvo un tamaño de grano promedio de $68\mu\text{m}$ que según la norma ASTM ^[58] corresponde a un tamaño de grano extra fino con 0.08% de porosidad, en la velocidad de solidificación media se obtuvo un tamaño promedio de $92\mu\text{m}$ siendo grano extra fino con 0.21% de porosidad y en la velocidad baja un tamaño de grano promedio de $122\mu\text{m}$ correspondiente a un tamaño de grano extra fino con un promedio de 0.25% de porosidad.

5.6.2 Propiedades mecánicas de aleación AlCu7XX

Se presentan los resultados del ensayo de tensión para la aleación AlCu7XX a tres velocidades de solidificación diferentes características de partes de componentes utilizados para la manufactura de automóviles como lo son monoblock y la cabeza de motor, los ensayos se hicieron a cinco temperaturas diferentes 25, 150, 200, 250 y 300°C.

Se destaca el efecto de la temperatura notablemente ya que como se ve en las figuras 4.42, 4.43 y 4.44 donde se muestran los resultados de esfuerzo de cedencia al 0.2%, resistencia ultima a la tensión y elongación total se observa que conforme se incrementa la temperatura de ensayo disminuye el esfuerzo de cedencia al 0.2% y la resistencia ultima a la tensión y por el contrario la elongación tiene una tendencia inversa como lo reportado en la literatura por A. W. Gunderson ^[61] y en su trabajo sobre propiedades mecánicas a alta temperatura para aleaciones de aluminio.

En el presente estudio se destaca que para la aleación AlCu7XX el esfuerzo de cedencia para las tres velocidades de solidificación no hay diferencia considerable entre ellas y la perdida de cedencia se mantiene al incrementar la temperatura de ensayo como lo reportado por A. W. Gunderson ^[66] en su estudio de propiedades mecánicas en aleaciones de aluminio.

La resistencia última a la tensión máxima se presentó para la velocidad de solidificación alta con cerca de 350MPa a temperatura ambiente, cabe destacar que la pérdida de resistencia se mantiene al incrementar la temperatura de ensayo, por la maduración y pérdida de coherencia de los precipitados como se ha mencionado anteriormente.

5.6.3 Conductividad térmica de aleación AlCu7XX

Los valores de difusividad obtenidos para las tres velocidades de solidificación se presentan en la figura 4.44 donde se observan los valores más altos a 200°C con 0.61 cm²/s, se destaca que entre las tres velocidades no se manifiestan diferencias significativas.

La temperatura es el factor más importante en este estudio ya que se prolongaron envejecidos por 200hr en las muestras para simular condiciones de uso en los monoblock y cabezas de motor y dentro del estudio los valores de conductividad térmica más altos se presentaron en las muestras con post envejecido a 300°C como se muestra en la figura 4.45.

Para esta aleación la velocidad de solidificación media fue la que obtuvo valores ligeramente superiores a las otras dos, obteniendo el valor más alto a 300°C con un valor de 169 W/Mk, y el menor valor fue para la velocidad de solidificación baja a temperatura ambiente con un valor de 143 W/Mk.

5.7 Ensayo de tensión para aleaciones estudiadas.

Se puede observar que la resistencia mecánica de las aleaciones se reduce de manera gradual mientras se incrementa la temperatura de post-envejecido como lo reportado en la literatura ^[52]. La resistencia mínima de las aleaciones se presenta a 300°C donde se siguen obteniendo valores superiores a los 70MPa.

Se presenta en la figura 5.6 el efecto de la temperatura sobre el esfuerzo de cedencia al 0.2% en el grupo de aleaciones estudiadas, la pérdida de esta propiedad puede atribuirse al crecimiento de los precipitados característicos (Al_2Cu) por efecto del fenómeno de maduración de Ostwald mencionado por German Urbina en uno de sus trabajos. ^[7]

La aleación que presentó mejores valores de esfuerzo de cedencia fue la aleación 206+Zr presentando valores de hasta casi 200MPa a 200°C, mientras que la de menores valores fue la Al5XX que mostro apenas 150MPa como su mayor valor a 150°C.

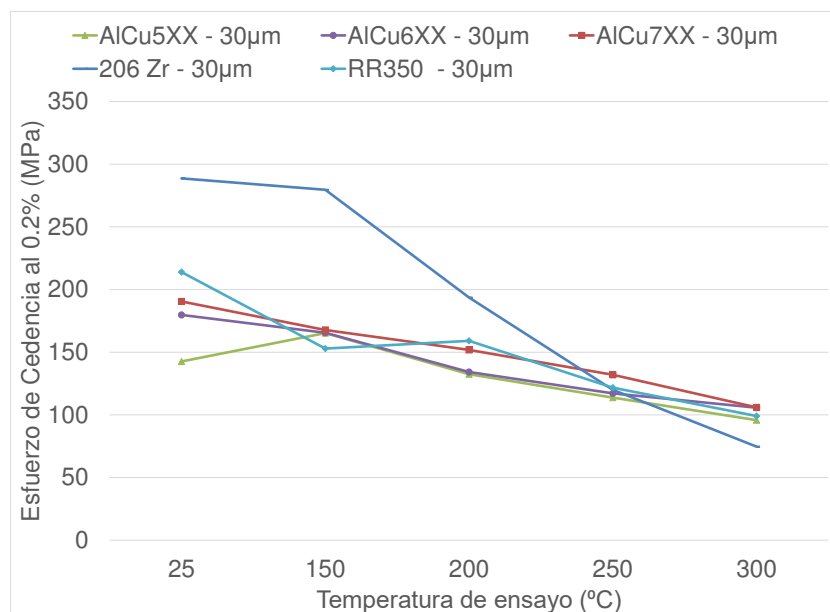


Figura 5.6. Grafica de Esfuerzo de cedencia al 0.2% para las cinco aleaciones estudiadas, velocidad de solidificación media, a cinco temperaturas de ensayo, con post- envejecido por 200hr.

El comportamiento de la resistencia última a la tensión de las aleaciones estudiadas se presenta en la figura 5.7, donde nuevamente se ve el efecto de la temperatura sobre la resistencia mecánica. La aleación que presentó la mejor resistencia mecánica hasta temperaturas de ensayo de 200°C fue la aleación 206+Zr esto se puede atribuir a la formación de intermetálicos de Mg y Fe en forma de agujas color café oscuro como Al_2MgCu , AlFeCu_2 y Mg_2Si , como se reporta en la literatura ^[12].

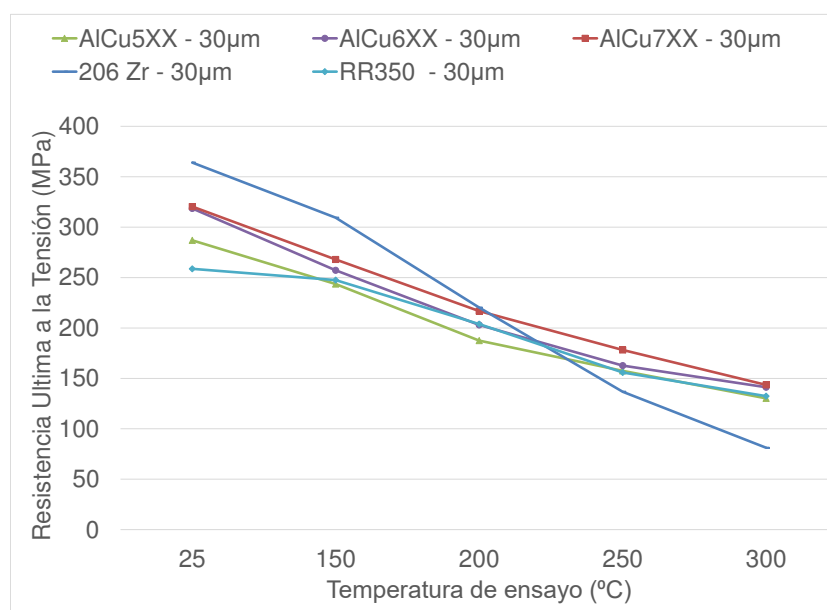


Figura 5.7. Grafica de resistencia última a la tensión para las cinco aleaciones estudiadas, velocidad de solidificación media, a cinco temperaturas de ensayo, con post- envejecido por 200hr.

Por el contrario la aleación RR350 presenta valores inferiores de resistencia última a la tensión al contar con la resistencia máxima de 230MPa a temperatura ambiente.

El efecto de la temperatura en la elongación total de las aleaciones se observa en la figura 5.8 donde se cumple lo mencionado en la literatura ^[52] al mostrar incremento de valores de elongación total conforme se incrementa la temperatura de post envejecido y de

ensayo mecánico. Donde se aprecia que la aleación con mayores valores de elongación fue la 206+Zr que presento 20% de deformación a 300°C.

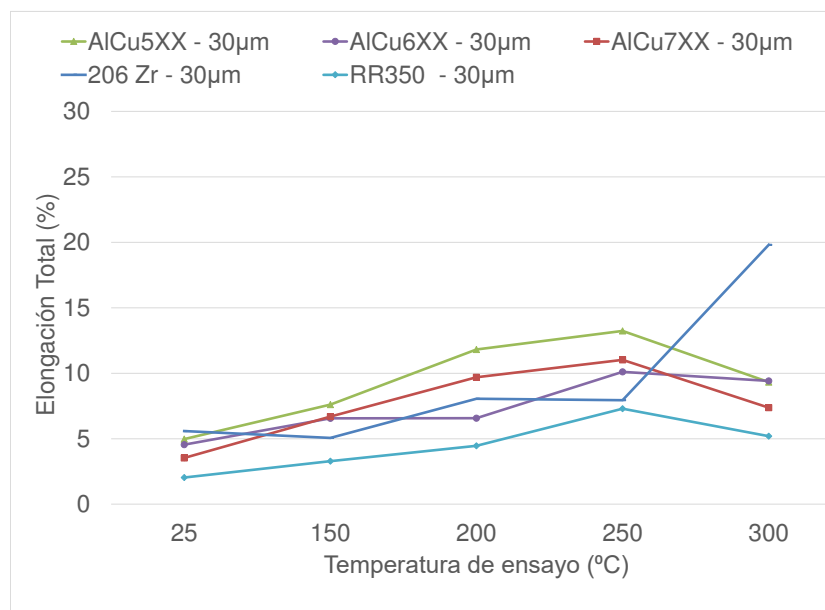


Figura 5.8. Grafica elongación total para las cinco aleaciones estudiadas, velocidad de solidificación media, a cinco temperaturas de ensayo, con post-envejecido por 200hr.

5.8 Conductividad térmica para aleaciones estudiadas.

En primer lugar se analizan los resultados de la difusividad térmica ya que al obtenerse de forma directa por el instrumento de medida se espera que sean lo más representativos del comportamiento real de las aleaciones, estos resultados se presentan en la figura 5.9. Es importante definir que los valores teóricos de difusividad para Al es de $0.9880 \text{ cm}^2/\text{s}$ y para conductividad térmica es de 237 W/mk [67].

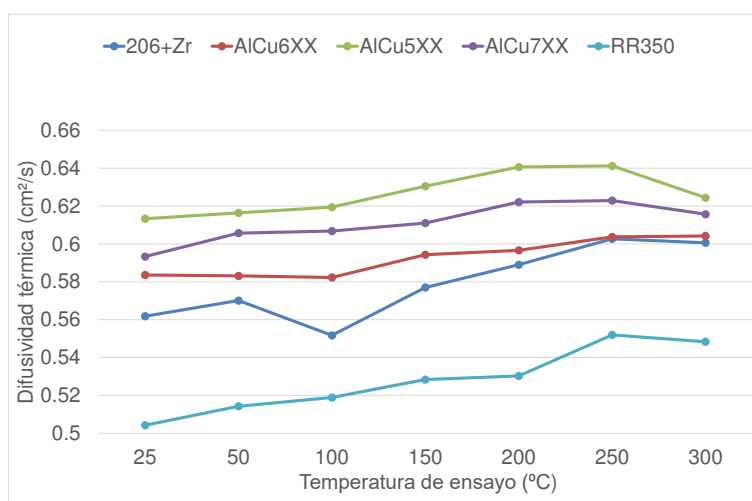


Figura 5.9. Gráfica de resultados de difusividad para las aleaciones estudiadas con velocidad de solidificación media, a todas las temperaturas de ensayo

Se observa que la aleación AlCu5XX obtuvo los mayores valores de difusividad a 200°C con un valor de $0.6376 \text{ cm}^2/\text{s}$, mientras que su menor valor fue a temperatura ambiente con $0.6034 \text{ cm}^2/\text{s}$, esta aleación obtuvo en total una variabilidad promedio de 0.66% . La aleación que registro la menor difusividad fue la aleación RR350 con un valor mínimo a 150°C con $0.5257 \text{ cm}^2/\text{s}$ y su valor más alto fue a 300°C con $0.5716 \text{ cm}^2/\text{s}$ con una variabilidad promedio de 1.09% .

Par el caso de las aleaciones AlCu6XX y AlCu7XX los valores más bajos de difusividad se presentaron a temperatura ambiente con 0.5818 y $0.5892 \text{ cm}^2/\text{s}$ respectivamente, el valor de difusividad más alto para AlCu6XX fue a 200°C con 0.5958

cm^2/s con una variabilidad de 0.38% mientras que el valor más alto para la aleación AlCu7XX fue a 250°C con un valor de $0.6089 \text{ cm}^2/\text{s}$ y una variabilidad total de 2.97%.

Los resultados de conductividad térmica se muestran en la figura 5.10 donde se presentan los valores obtenidos a velocidad de solidificación media, se puede observar que a mayor velocidad de solidificación, el valor de conductividad térmica también se incrementa esto se debe principalmente a que a enfriamientos altos los precipitados se encuentran finamente dispersos facilitando más el paso del calor a través de ellos a diferencia de velocidades más lentas que dan lugar a que los precipitados crezcan y funcionen como barreras para la conducción de calor como se reporta en la literatura por Donald Askeland [57].

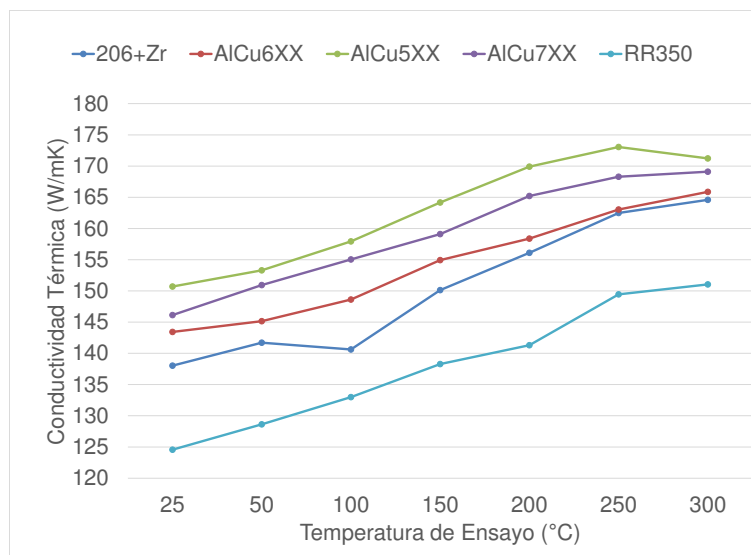


Figura 5.10. Gráfica de conductividad térmica de las aleaciones estudiadas, TT7, enfriamiento en agua, velocidad de solidificación media.

La temperatura es el factor más importante en este estudio ya que se prolongaron envejecidos por 200hr en las muestras para simular condiciones de uso en los bloques y cabezas de motor y dentro del estudio los valores de conductividad térmica más altos se presentaron en las muestras con post envejecido a 300°C como se muestra en la figura 5.10. La aleación que presentó mejor conductividad térmica del grupo de aleaciones

estudiadas fue la AlCu5XX con un valor de 172 W/mk a 300°C, mientras que la aleación con menor valor fue la RR350 a 50°C con un valor de conductividad térmica de 131 W/mK.

De lo anterior podemos concluir que los elementos de aleación reducen los valores de difusividad y conductividad de las aleaciones de aluminio, ya que la precipitación de las fases formadas localizadas en los bordes de grano funcionan como barreras para la conducción del material a través de este, esto se aprecia de manera clara al obtener mayores valores de difusividad y conductividad térmica en la aleación AlCu5XX que fue la que presento menor cantidad de segregación de fases como lo vimos en las microestructuras obtenidas, así mismo la aleación RR350 que mostro mayor cantidad de segregación de fases, fue la que presento los menores valores de difusividad y conductividad térmica.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones microestructurales

- No se logró realizar medición de espaciamiento dendrítico secundario debido principalmente a que realizó una refinación de grano con 20ppm de B (0.01%T).
- Microestructuralmente se observó que a menores velocidades de solidificación mayor cantidad de fases segregadas en los bordes de grano como se muestra en las micrografías de cada una de las aleaciones lo cual es propio de la segregación necesaria para el enriquecimiento del líquido remanente en los elementos como Fe, Mn y Cu, además de que al disminuir la velocidad de solidificación el tamaño de las fases también incremento notablemente.
- La sanidad de las muestras también se vio afectada por la velocidad de solidificación a mayores velocidades se obtuvo menor porcentaje de porosidad (área promedio y tamaño de poro) esto se refleja directamente en la resistencia de la aleación mostrando mejores valores de resistencia bajo esta condición.
- Algo que se presentó en común en todas las aleaciones fue la presencia de la fase eutéctica tipo bloque (color claro) Al_2Cu que crece siguiendo la forma de la frontera de grano, así como la fase acicular (color oscuro) rica en hierro que cuenta con pequeñas cantidades de Mn.

6.2 Conclusiones sobre propiedades Mecánicas.

- La temperatura juega un papel muy importante para el ensayo de tensión en las aleaciones estudiadas, ya que con los resultados obtenidos se sustenta lo publicado por diversos autores que conforme se incrementa la temperatura de ensayo la resistencia en las aleaciones se pierde, esto debido a la maduración y crecimiento de los precipitados que pierden su estabilidad y dejan de funcionar como reforzantes, facilitando la movilidad y pérdida de los defectos microestructurales o dislocaciones causantes de reforzar las matriz de aluminio.
- El contenido de cobre no tiene una influencia directa con la mejora de resistencia mecánica de la aleación como se tenía pensado ya que con el presente trabajo se demostró que la aleación con mayor contenido de cobre no fue precisamente la que mostró la mayor resistencia última a la tensión, más bien la resistencia mecánica se puede atribuir a otros factores como lo son la velocidad de solidificación y el tipo de precipitados que se forman en la aleación.
- Del estudio realizado a las cinco aleaciones de aluminio vaciadas pertenecientes al sistema Al-Cu, la aleación que presentó la mayor resistencia fue la aleación 206+Zr que obtuvo un valor máximo cerca de 400MPa, esto se puede atribuir a la formación de intermetálicos de Mg y Cu en forma de agujas color café oscuro como Al_2MgCu , AlFeCu_2 y Mg_2Si , como se reporta en la literatura ^[12], que como se es sabido son fases muy estables a bajas temperaturas y funcionan como barreras en los bordes de grano impidiendo la deformación del material.
- Es importante destacar que en el trabajo previo realizado haciendo evaluación de propiedades mecánicas en aleaciones de aluminio comerciales serie 3XX y la 206 ^[4] manteniendo las condiciones similares de análisis, pudimos comparar la aleación 206 y la 206+Zr siendo las dos por

separado las que mostraron mejores propiedades mecánicas de resistencia en cada estudio, se observó que en los ensayos de 25 a 200°C la aleación 206+Zr mostro menos resistencia en 250°C mostraron la misma resistencia y en los ensayos a 300°C la aleación 206+Zr mostro una resistencia mayor con 20MPa o el 30% arriba de la 206 convencional, por lo que recomiendo analizar el costo beneficio dependiendo los requerimientos necesarios para la aplicación ya que el circonio al ser un elemento muy costo involucraría una reducción considerable en costo de producción obteniendo propiedades muy similares a la aleación comercial.

6.3 Conclusiones sobre Propiedades Térmicas

- El método de laser flash ha permitido estimar el valor de la conductividad térmica de las aleaciones de aluminio, a partir del análisis de la difusividad térmica y el calor específico de cada una de las aleaciones estudiadas, aunado a ello se pudo comprobar que el método de difusividad térmica tiene mucha variación en estudios de hasta 100°C, por ello se presenta mucha dispersión en los valores obtenidos.
- Los valores de conductividad térmica más altos se presentaron en las muestras con post envejecido a 300°C ya que al incrementar la temperatura aumenta la vibración entre los átomos favoreciendo el paso del calor a través del material.
- También se destaca que a mayor velocidad de solidificación el valor de conductividad térmica incrementa ya que las fases dispersas son más finas favoreciendo el paso de calor a través de ellas. Además de que los bordes de grano favorecen la conducción del calor a través de ellos y al incrementar la velocidad de solidificación se incrementan los bordes de grano como se menciona en la literatura, pero a su vez es importante definir que la cantidad de fases segregadas afecta de manera gradual a la reducción de los valores de difusividad y conductividad térmica, ya que en las aleaciones con menor

cantidad de segregación se obtuvieron mejores valores de ambas propiedades, mientras que la aleación con mayor cantidad de fases segregadas en los límites de grano los valores de conductividad y difusividad bajaron.

- La aleación que presento mejor conductividad térmica del grupo de aleaciones estudiadas fue la AlCu5MnZr con un valor de 172W/Mk a 300°C, mientras que la aleación con menor valor fue la RR350 a 50°C con un valor de conductividad térmica de 131 W/mK.

6.4 Aporte Científico del trabajo de investigación.

- El aporte científico del presente trabajo se describe como el incremento de conocimiento en el comportamiento de las aleaciones de resistencia a la tensión y conductividad térmica en aleaciones Al-Cu a elevadas temperaturas, estas propiedades son de vital importancia al momento de mejorar los diseños en los componentes automotrices utilizados actualmente.

6.5 Aporte Tecnológico del trabajo de investigación.

- Como aporte tecnológico de este trabajo se destaca que se cuentan con datos reales para considerar alguna de estas aleaciones en la fabricación de componentes como cabezas y bloques de automóviles cumpliendo con los requerimientos de resistencia a elevadas temperaturas durante la operación de los motores de combustión interna.

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

7.1 Recomendaciones

- Una de las recomendaciones es realizar un análisis detallado con Microscopia electrónica de Barrido y Transmisión para detallar mejor el estudio de las aleaciones en cuanto a las fases y cantidad de fases segregadas en cada una ya que se observó en el presente trabajo que es de gran importancia tanto para el comportamiento mecánico como el térmico de la aleación.
- Realizar pruebas de vaciado llenando cavidades complejas para evaluar cómo se comportan las aleaciones en cuanto a fluidez y poder considerarla para fabricación de cabezas de motor.
- Estudiar a detalle la implicación del circonio en la mejora de propiedades mecánicas de aleaciones de Al-Cu, realizando un estudio en condiciones similares al presentado, pero modificando los contenidos de Zr para comprobar en que intervalo de contenido presenta mejores efectos en la resistencia a elevadas temperaturas.

REFERENCIAS

- [1] Alma G. Esmeralda. Tesis “Propiedades mecánicas en aleaciones de aluminio vaciado desde temperature ambiente hasta 300C”. Universidad Autónoma de Nuevo Leon, Octubre 2012.
- [2] Humberto Arenas García, Conductividad térmica en aleaciones de aluminio utilizadas en la manufactura de componentes de motores de combustión interna, FIME-UANL, Noviembre 2015.
- [3] John L. Jorstad, Wayne M. Rasmussen, American Casting Technology, 2da edición. Capítulo 4, AFS, Des Plaines, Illinois 60016-8399.
- [4] ASM Handbook, Vol. 3 Alloy Phase Diagrams, 1992.
- [5] ASM Handbook, Vol. 15 Castings, 1988.
- [6] Andrés Rodríguez, Desarrollo de aleaciones de alta Resistencia Al-Cu serie 2xx, Universidad Autónoma de Nuevo León, Julio de 2012.
- [7] O. Fornaro, A. Cuniberti, Precipitación en una aleación Al-Cu, San Nicolas N.L. 2007. Congreso SAM/CONAMET.
- [8] Roberto Rioja J. David E. Laughlin. Secuencia de precipitación en aleaciones de alumino y cobre. Ciencia (1981) 107-116.
- [9] T. Gerique, A. Brahmi, Aleaciones de Al-Cr-Zr para aplicaciones a altas temperaturas, Revista de metalurgia. Madrid 34 (4). 1998.

- [10] German Urbina V, El fenomeno de maduración de Ostwald, Revista del Centro de Estudios interdisciplinarios de la Física, Vol3, 2014.
- [11] C.H. Ca'ceresa, M.B. Djurdjevicb, The effect of Cu content on the level of microporosity in Al-Si-Cu-Mg Casting alloys, Scripta Materialia, Vol. 40, No. 5, pp. 631–637, 1999.
- [12] D. Ovono, I. Guillot, The microstructure and precipitation kinetics of a cast aluminum alloy, Scripta Materialia 55 (2006) 259-262.
- [13] ASM Metals handbook Vol.3. Alloy phase diagrams.
- [14] P. D. Lee and J. D. Hunt, Hydrogen porosity in directional solidified aluminum-copper alloys: in situ observation, Department of Materials, University of Oxford, Oxford OX1 3PH, U.K. (1997).
- [15] Donald Askeland, Ciencia e Ingenieria de Materiales, 3er Edición, P.292-293.
- [16] Lennart Bäckerud, Solidification Characteristic of Alluminum alloys, Vol 2, Cap. 4 Aluminum-Cooper Alloys. University of Stockholm, SWEDEN, p46.
- [17] D. G. Mallapur • S. A. Kori • K. Rajendra Udupa, Influence of Ti, B and Sr on the microstructure and mechanical properties of A356 alloy, Springer Science+Business Media, LLC 2010.
- [18] ASTM E112, Método estándar para la determinación de tamaño de grano, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, United State.
- [19] ASM Handbook, Vol. 4 Heat Treating, 1991.

- [20]** Grazyna Mrowka-Nowotnik, Influence of heat treatment on the microstructure and mechanical properties of 6005 and 6082 aluminum alloys, *Journal of materials processing technology*, (2005) 367-372.
- [21]** David D. Hall and Issam Mudawar, Optimization of quench history of aluminum parts for superior mechanical properties, Boiling and Two-Phase Flow Laboratory. School of Mechanical Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN 47907. U.S.A.
- [22]** S. P. Ringer and K. Hono, Microstructural Evolution and Age Hardening in Aluminium Alloys: Atom Probe Field-Ion Microscopy and Transmission Electron Microscopy Studies, *Materials Characterization* 44:101–131 (2000).
- [23]** Emma Sjölander, Salem Seifeddine, The heat treatment of Al-Si-Cu-Mg casting alloy, *Journal of Materials Processing Technology* 210 (2010) 1249-1259.
- [24]** B. Baradarani, R. Raiszadeh, Precipitation hardening of cast Zr- containing A356 aluminum alloy, *Materials and Design* 32 (2011) 935-940.
- [25]** Joel Moreno, Endurecimiento por precipitación en aleaciones Al-4%Cu-0.5%Mg modificados con Ag, *Scientia et Technica*, año XIII, 36, Septiembre 2007. Universidad Tecnológica de Pereira.
- [26]** L. Lasa, J.M. Rodriguez-Ibabe, Characterization of the dissolution of the Al₂Cu phase in two Al-Si-Cu-Mg casting alloys using calorimetry, CEIT and University of Navarra, PO Manuel de Lardizabal 15, 20018 San Sebastian, Basque-Country, Spain, June 2002

- [27]** Q. Du, D.G.Eskin, Two-dimensional modelling and experimental study on microsegregation during solidification of an Al-Cu binary alloy. December 2006, Science direct.
- [28]** M. Gupta, M.O. LaL S.C. Lim, Regarding the processing associated microstructure and mechanical properties improvement of an Al-4.5 Cu alloy, Journal of Alloys and Compounds 260 (1997) 250-255.
- [29]** I.H. Katzarov, Finite element modeling of the porosity formation in casting, International Journal of Heat and Mass Transfer 46 (2003) 1545–1552.9
- [30]** Toshiyuki Horikoshi, Hiromitsu Kuroda, Development of aluminum alloy conductor with high electrical conductivity and controlled tensile strength and elongation, Hitchi cable review no.25 (2006), 18-21.
- [31]** Adam L. Woodcraft, Recommended values for the thermal conductivity of aluminum of different purities in the cryogenic to room temperature range, and a comparison with cooper. Cryogenics 45 (2005) 626- 636.
- [32]** N. D. Alexopoulos and Sp. G. Pantelaki, Evaluation of the Effects of Variations in Chemical Composition on the Quality of Al-Si-Mg, Al-Cu, and Al-Zn-Mg Cast Aluminum Alloys, Journal of Materials Engineering and Performance, Volume 12(2) April 2003—205.
- [33]** M. Drouzy, S. Jacob, Interpretation of tensile results by means of quality index and probable yield strength, AFS International Cast Metals Journal, (1980) 43-50.
- [34]** R. Mahmudi, P. Sepehrband, Improved properties of A319 aluminum casting alloy modified whit Zr, Materials Letters 60 (2006) 2606–2610.

- [35] C.H. Cáceres, I.L. Svensson, Strength ductility behavior of Al-Si-Cu-Mg Casting alloys in T6 temper. *International Journal cast metals Res.* (2003) 15, 531-543.
- [36] W. Reifa, U. S. Yua, J. Dutkiewicz, Pre-ageing of AlSiCuMg alloys in relation to structure and mechanical properties, *Materials & Design*, Vol. 18, Nos. 4r6, pp. 253-256, 1997.
- [37] Zhihong Jia, Guiqing Hu, Effect of homogenization and alloying elements on recrystallization resistance of Al-Zr-Mn alloys. *Materials Science and Engineering*, (2007) 284-290.
- [38] Jose M.V. Quaresma, Carlos A. Santos, Correlation between Unsteady- state solidification conditions, dendrite spacings, and mechanical properties of Al-Cu alloys, *Metallurgical and materials trasnsactions*, Vol. 31A, December 2000.
- [39] M.A. Moustafa, Effect of iron content on the formation of Al₅FeSi and porosity in Al-Si eutectic alloys, *Journal of materials Processing Technology* 209 (2009) 605-610.
- [40] C.H. Cáceres, J.H. Sokolowski, Effect of ageing and Mg content on the quality index of two model Al-Cu-Si-Mg alloys, *Materials Science and Engineering A271* (1999) 53–61.
- [41] M. L. N. M. MELO, E. M. S. RIZZO, Predicting dendrite arm spacing and their effect on microporosity formation in directionally solidified Al-Cu alloy, *JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE* 40 (2005)1599– 1609.
- [42] S.G. Shabestari, H. Moemeni, Effect of copper and solidification conditions on the microstructure and mechanical properties of Al–Si–Mg alloys, *Journal of Materials Processing Technology* 153–154 (2004) 193–198.

- [43] ASM Metals handbook Vol.8. Mechanical testing and evaluation.
- [44] N. D. Alexopoulos, Generation of quality maps to support material selection by exploiting the quality indices concept of cast aluminum alloys, Materials and design 28 (2007) 534-543.
- [45] ASTM E21-09 Standard Test Methods for Elevated Temperature Tension Tests of Metallic Materials, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United State.
- [46] ASTM E1461- 13. Standard Standard Testst Method for Thermal Diffusivity by the Flash Method, annual Book of ASTM Standards, (2014)
- [47] Marek BŘUSKA, Petr LICHÝ, Michal CAGALA, Jaroslav BEŇ, Influence of remelting repeated on the mechanical properties and structure of alloys RR350, 23. 25. 5. 2012, Brno, Czech Republic, EU.
- [48] Moises Talamantes, Tratamientos temicos en una aleación Al-Cu tipo A206, UANL-FIME, 2007.
- [49] A. W. GUNDERSO, Elevated temperature mechanical properties of two cast aluminum alloys, AFSC/USAF ltr, 2 Mar 1972.
- [50] A. W. Gunderson, Elevated temperature mechanical properties of two cast aluminum alloys, AFS/USAF ltr, 2 Mar 1972.
- [51] Rafael Uribe, Medida de propiedades Mecánicas y térmicas en pseudobrukitas del tipo Al_2TiO_5 , Determinación de la conductividad térmica por el método laser flash. Departamento de Tecnología de materiales, Mayo 2006.

- [52] ASTM E8/E8M- 09. Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials, Annual Book of ASTM Standards, Section 3: Metals Test Methods and Analytical Procedures (2010).
- [53] M. Slámová, V. Ocenasek, Polarized light microscopy: utilization in the investigation of the recrystallization of aluminum alloys, *Materials Characterization* 52 (2004) 165–177.
- [54] G. A. Edwards, K. Stiller, The precipitation sequence in Al-Mg-Si alloys, 1998 Acta Metallurgica Inc. Published by Elsevier Science Ltd. All rights reserved.
- [55] L. Y. Zhang, Y.H. Jiang, Effect of cooling rate on solidified microstructure and mechanical properties of aluminum A356 alloy, *journal of materials processing technology* (2008).
- [56] D.G. Eskin, Suyitno, Mechanical properties in the semisolid state and hot tearing of aluminum alloys, *Progress in Materials Science* 49 (2004) 629–711.
- [57] JuliusC.Schuster and MartinPalm, Reassessment of the binary aluminum-titanium phase diagram, *Journal of Phase Equilibria and Diffusion* Vol. 27 No. 3 (2006) 255-277.
- [58] L. Ceschini, Alessandro Morri, Correlation between ultimate tensile strength and solidification microstructure for the sand cast A357 aluminum alloy, *Materials and Design* 30 (2009) 4525–4531.
- [59] G. Ran, J. E. Zhou, Precipitates and tensile fracture mechanism in a sand cast A356 aluminum alloy, *journal of materials processing technology* 207 (2008)46–52.

- [60]** R.A. Jeniski Jr, Effects of Cr addition on the microstructure and mechanical behavior of 6061-T6 continuously cast and rolled redraw rod, *Materials Science and Engineering A237* (1997) 52-64.
- [61]** N. Chomsaeng, M. Haruta, HRTEM and ADF-STEM of precipitates at peak- ageing in cast A356 aluminum alloy, *Journal of alloys and compounds* 496 (2010) 478-487.
- [62]** ASM Metal Handbook Vol.9. Metallografhy and microstructure.
- [63]** Eulogio Velasco, Estudios microestructurales de una aleación Al-Si tipo A319. UANL-FIME, 1997.
- [64]** Ruben Torres, Análisis termico y propiedades mecanicas en una aleación tipo A319. UANL-FIME, 2000.
- [65]** Marek BŘUSKA, Petr LICHÝ, Michal CAGALA, Jaroslav BEŇO, Influence of remelting repeated on the mechanical properties and structure of alloys RR.350, 23. - 25. 5. 2012, Brno, Czech Republic, EU.
- [66]** R. SINGER, W. BLUM and B. ILSCHNER, Deformation-induced Microstructural Instability in a O'-hardened Aluminum Alloy at High Temperature, *Materials Science and Engineering*, 40 (1979) 235 – 243.
- [67]** R. SINGER, W. BLUM and B. ILSCHNER, Deformation-induced Microstructural Instability in a O'-hardened Aluminum Alloy at High Temperature, Received March 11, 1979; in final form April 19, 1979.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Nombre	Página
2.1	Diagrama de solubilidad Al-Cu mostrando la presencia de Θ (Al_2Cu).	8
2.2	Microestructura de aleación A206, con una velocidad de enfriamiento de $0.3\text{ }^\circ\text{C/s}$, 560X; se muestra la fase Al_7FeCu_2 en forma de agujas color café oscuro, Al_2Cu en color rosa (claro)	10
2.3	Microestructura de aleación A206, con una velocidad de enfriamiento de $0.6\text{ }^\circ\text{C/s}$, 560X	10
2.4	Microestructura de aleación A206, con una velocidad de enfriamiento de 4.5°C/s , 560X	10
2.5	Diagrama de rango de temperaturas para tratamiento térmico en aleaciones Al-Cu.	11
2.6	Etapas del proceso de endurecimiento pos envejecimiento o precipitación en sistema Al-Cu.	12
2.7	Influencia del tratamiento térmico de envejecido en la dureza	14
2.8	Ilustración de zona GP.	14
2.9	Estructuras Cristalinas de las fases α , θ , θ' y θ'' , los círculos llenos son átomos de Cu y los círculos vacíos son átomos de Al.	18
2.10	Mecanismos de deformación en aluminio, a) Mecanismo de corte, b) Mecanismos de lazos de Orowan.	19

2.11	Evolución morfológica de fase Ω en la aleación Al _{3.87} Cu _{0.31} Mg _{2.81} Ag envejecida a 250°C b)10min, c) 30 min, d)1h, e)10h, f)50h.	20
2.12	Relación cristalográfica de la fase Ω con la matriz en una muestra envejecida a 250°C durante 30 min.	21
2.13	Movimiento de un electrón a través de (a) un cristal perfecto, (b) un cristal calentado a altas temperaturas y (c) un cristal con defectos de red. La dispersión de los electrones reduce su movilidad y conductividad.	24
2.14	Esquema de un sistema típico Laser Flash	26
2.15	Efecto de la temperatura en la resistencia de las aleaciones	30
3.1	Horno de crisol basculante marca Thermotronix modelo GT-600.	32
3.1	Software JMatPro	
3.2	Molde de arena para vaciado de molde tipo cuña con templadera de acero H13.	34
3.3	Perfil de solidificación del molde tipo cuña	34
3.4	Muestras para ensayo de conductividad térmica sin y con grafito.	38
3.5	Difusivímetro LINSEIS XFA 500	39
4.1	Nivel 2, aleación RR350, condición de vaciado, velocidad de solidificación media (Eq.30 μ m), 100X, atacada químicamente.	41
4.2	Micrografía de aleación RR350, Nivel 1, Velocidad de solidificación alta (Eq.20 μ m), condición de vaciado, 100X, sin ataque químico.	42
4.3	Micrografía de aleación RR350, Nivel 1, Velocidad de solidificación media (Eq.30 μ m), condición de vaciado, 100X, sin ataque químico.	42

4.4	Micrografía de aleación RR350, Nivel 1, Velocidad de solidificación baja (Eq.50 μ m), condición de vaciado, 100X, sin ataque químico.	42
4.5	Gráfica de esfuerzo de cedencia de la aleación RR350, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.	43
4.6	Gráfica de resistencia última a la tensión de la aleación RR350. TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.	43
4.7	Gráfica de elongación total de la aleación RR350. TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.	44
4.8	Gráfica de difusividad térmica de la aleación RR350. TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con 200hr de post-envejecido.	45
4.9	Gráfica de Conductividad Térmica de la aleación RR350. TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con 200hr de post-envejecido.	45
4.10	Nivel 2 Aleación 206+Zr, Condición de vaciado, Velocidad de solidificación alta (Eq. 30 μ m), 100X, atacada.	46
4.11	Aleación 206+Zr, Velocidad de solidificación media (Eq.20 μ m), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.	47
4.12	Aleación 206+Zr, Velocidad de solidificación media (Eq.30 μ m), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico	47
4.13	Aleación 206+Zr, Velocidad de solidificación baja (Eq.50 μ m), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.	47
4.14	Gráfica de esfuerzo de cedencia al 0.2% de la aleación 206+Zr, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.	48

4.15	Gráfica de resistencia última a la tensión de la aleación 206+Zr, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.	48
4.16	Gráfica de elongación total de la aleación 206+Zr, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.	49
4.17	Gráfica de difusividad térmica de la aleación 206+Zr, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con 200hr de post-envejecido.	50
4.18	Gráfica de conductividad térmica de la aleación 206+Zr, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con 200hr de post-envejecido	50
4.19	Nivel 2 Aleación AlCu5XX, Condición de vaciado, Velocidad de solidificación alta (Eq.30 μ m), 100X, atacada.	51
4.20	Aleación AlCu5XX, Velocidad de solidificación alta (Eq. 20 μ m), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico	52
4.21	Aleación AlCu5XX, Velocidad de solidificación media (Eq. 30 μ m), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.	52
4.22	Aleación AlCu5XX. Velocidad de solidificación baja (Eq. 50 μ m), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico	52
4.23	Gráfica de esfuerzo de cedencia al 0.2% de la aleación AlCu5XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con pre-acondicionado por 200hr..	53
4.24	Gráfica de resistencia última a la tensión de aleación AlCu5XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con pre-acondicionado por 200hr.	53

4.25	Gráfica de elongación total de aleación AlCu5XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con pre-acondicionado por 200hr.	52
4.26	Gráfica de difusividad térmica de la aleación AlCu5XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.	55
4.27	Gráfica de conductividad térmica de la aleación AlCu5XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.	55
4.28	Nivel 2 Aleación AlCu6XX, Condición de vaciado, Velocidad de solidificación alta (Eq. 30 μ m), 100X, con ataque químico.	56
4.29	Aleación AlCu6XX, Velocidad de solidificación alta (Eq.20 μ m), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.	57
4.30	Aleación AlCu6XX, Velocidad de solidificación media (Eq.30 μ m), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.	57
4.31	Aleación AlCu6XX, Velocidad de solidificación baja (Eq.50 μ m), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.	57
4.32	Gráfica de esfuerzo de cedencia al 0.2% de la aleación AlCu6XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con 200hr de pre-acondicionado.	58
4.33	Gráfica de resistencia última a la tensión de la aleación AlCu6XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con 200hr de pre-acondicionado.	58
4.34	Gráfica de elongación total de la aleación AlCu6XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación, con 200hr de pre-acondicionado.	59

4.35	Gráfica de difusividad térmica de la aleación AlCu6XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.	60
4.36	Gráfica de conductividad térmica de la aleación AlCu6XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.	60
4.37	Nivel 2 Aleación AlCu7XX, Condición de vaciado, Velocidad de solidificación alta (Eq.30 μ m), 100X, atacada.	61
4.38	Aleación AlCu7XX, Velocidad de solidificación alta (20 μ m), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.	62
4.39	Aleación AlCu7XX, Velocidad de solidificación media (30 μ m), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.	62
4.40	Aleación AlCu7XX, Velocidad de solidificación baja (50 μ m), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.	62
4.41	Gráfica de esfuerzo de cedencia al 0.2% de la aleación AlCu7XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación	63
4.42	Gráfica de resistencia última a la tensión de la aleación AlCu7XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.	63
4.43	Gráfica de elongación total de la aleación AlCu7XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.	64
4.44	Gráfica de difusividad térmica de la aleación AlCu7XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.	65
4.45	Gráfica de conductividad térmica de la aleación AlCu7XX, TT7, enfriamiento en agua, tres velocidades de solidificación.	65
5.1	Aleación RR350, Velocidad de solidificación media (30 μ m),100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.	67

5.2	Aleación 206+Zr, Velocidad de solidificación media (30µm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.	70
5.3	Aleación AlCu5MnZr, Velocidad de solidificación media (30µm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.	73
5.4	Aleación AlCu6XX, Velocidad de solidificación media (30µm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.	76
5.5	Aleación AlCu7XX, Velocidad de solidificación media (30µm), 100X, Condición de vaciado, sin ataque químico.	79
5.6	Grafica de Esfuerzo de cedencia al 0.2% para las cinco aleaciones estudiadas, velocidad de solidificación media, a cinco temperaturas de ensayo, con post- envejecido por 200hr.	82
5.7	Grafica de resistencia última a la tensión para las cinco aleaciones estudiadas, velocidad de solidificación media, a cinco temperaturas de ensayo, con post- envejecido por 200hr.	83
5.8	Grafica elongación total para las cinco aleaciones estudiadas, velocidad de solidificación media, a cinco temperaturas de ensayo, con post- envejecido por 200hr.	84
5.9	Gráfica de resultados de difusividad para las aleaciones estudiadas con velocidad de solidificación media, a todas las temperaturas de ensayo	85
5.10	Gráfica de conductividad térmica de las aleaciones estudiadas, TT7, enfriamiento en agua, velocidad de solidificación media.	86

LISTA DE TABLAS

Tabla	Nombre	Página
2.1	Clasificación de las aleaciones de Aluminio.	6
2.2	Química estándar para aleación A206	9
2.3	Reacciones de solidificación en una aleación tipo 206	9
2.4	Características de fases en aleación tipo A206.	9
3.1	Composición química en % en peso para aleaciones a estudiar.	33
3.2	Tamaño de grano de acuerdo al procedimiento ASTM E112-18 establecido por la AFS	35
3.3	Parámetros de Tratamiento Térmico para aleaciones a estudiar.	36
3.4	Temperaturas de post-envejecido.	36
3.5	Dimensiones de probetas para ensayo de tensión (ASTM E8/E8M)	37
4.1	Composición química final de las aleaciones evaluadas en este trabajo.	40
4.2	Resultados de tamaño de grano y porosidad de las tres velocidades de solidificación estudiadas en la aleación RR350.	41
4.3	Resultados de tamaño de grano y porosidad de las tres velocidades de solidificación estudiadas en la aleación 206+Zr	46
4.4	Resultados de tamaño de grano y porosidad de las tres velocidades de solidificación estudiadas en la aleación AlCu5XX	51

4.5	Resultados de tamaño de grano y porosidad de las tres velocidades de solidificación estudiadas en la aleación AlCu6XX.	56
4.6	Resultados de tamaño de grano y porosidad de las tres velocidades de solidificación estudiadas en la aleación AlCu7XX	61

APENDICE A

Tabla A1. Resultados ensayo de Tensión, aleación RR350.

[illegible]

Tabla A2. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación RR350.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
RR 350	T7	25	200	25	20	0.55	0.868	2.846	136
RR 350	T7	25	200	25	20	0.506	0.868	2.846	125
RR 350	T7	25	200	25	20	0.577	0.868	2.846	143
RR 350	T7	25	200	25	20	0.486	0.868	2.846	120
RR 350	T7	25	200	25	20	0.544	0.878	2.841	136
RR 350	T7	25	200	50	20	0.52	0.88	2.841	130
RR 350	T7	25	200	50	20	0.518	0.881	2.84	130
RR 350	T7	25	200	50	20	0.518	0.881	2.84	130
RR 350	T7	25	200	50	20	0.501	0.881	2.84	125
RR 350	T7	25	200	50	20	0.535	0.881	2.84	134
RR 350	T7	25	200	100	20	0.531	0.905	2.831	136
RR 350	T7	25	200	100	20	0.531	0.905	2.831	136
RR 350	T7	25	200	100	20	0.51	0.905	2.831	131
RR 350	T7	25	200	100	20	0.508	0.905	2.831	130
RR 350	T7	25	200	100	20	0.512	0.907	2.83	131
RR 350	T7	25	200	150	20	0.54	0.928	2.82	141
RR 350	T7	25	200	150	20	0.541	0.928	2.82	142
RR 350	T7	25	200	150	20	0.525	0.929	2.82	138
RR 350	T7	25	200	150	20	0.521	0.928	2.82	136
RR 350	T7	25	200	150	20	0.533	0.928	2.82	140
RR 350	T7	25	200	200	20	0.54	0.948	2.81	144
RR 350	T7	25	200	200	20	0.544	0.949	2.809	145
RR 350	T7	25	200	200	20	0.531	0.949	2.81	142
RR 350	T7	25	200	200	20	0.531	0.949	2.809	141
RR 350	T7	25	200	200	20	0.54	0.949	2.81	144
RR 350	T7	25	200	250	20	0.566	0.967	2.8	153
RR 350	T7	25	200	250	20	0.544	0.969	2.799	147
RR 350	T7	25	200	250	20	0.547	0.969	2.799	148
RR 350	T7	25	200	250	20	0.55	0.969	2.799	149
RR 350	T7	25	200	250	20	0.554	0.969	2.799	150
RR 350	T7	25	200	300	20	0.552	0.988	2.788	152
RR 350	T7	25	200	300	20	0.543	0.989	2.787	150
RR 350	T7	25	200	300	20	0.557	0.989	2.787	154
RR 350	T7	25	200	300	20	0.562	0.989	2.787	155
RR 350	T7	25	200	300	20	0.557	0.989	2.787	154
RR 350	T7	150	200	25	20	0.533	0.868	2.846	132
RR 350	T7	150	200	25	20	0.547	0.868	2.846	135
RR 350	T7	150	200	25	20	0.576	0.868	2.846	142
RR 350	T7	150	200	25	20	0.57	0.868	2.846	141
RR 350	T7	150	200	25	20	0.598	0.868	2.846	148
RR 350	T7	150	200	50	20	0.585	0.877	2.842	146
RR 350	T7	150	200	50	20	0.582	0.879	2.841	145
RR 350	T7	150	200	50	20	0.545	0.88	2.841	136
RR 350	T7	150	200	50	20	0.593	0.881	2.84	148
RR 350	T7	150	200	50	20	0.571	0.881	2.84	143
RR 350	T7	150	200	100	20	0.587	0.902	2.832	150
RR 350	T7	150	200	100	20	0.573	0.905	2.831	147
RR 350	T7	150	200	100	20	0.569	0.905	2.831	146
RR 350	T7	150	200	100	20	0.574	0.905	2.831	147
RR 350	T7	150	200	100	20	0.573	0.905	2.831	147
RR 350	T7	150	200	150	20	0.59	0.925	2.822	154
RR 350	T7	150	200	150	20	0.579	0.927	2.821	151
RR 350	T7	150	200	150	20	0.586	0.927	2.821	153
RR 350	T7	150	200	150	20	0.576	0.927	2.821	151
RR 350	T7	150	200	150	20	0.579	0.928	2.82	152
RR 350	T7	150	200	200	20	0.581	0.946	2.811	154
RR 350	T7	150	200	200	20	0.584	0.948	2.81	156
RR 350	T7	150	200	200	20				
RR 350	T7	150	200	200	20				
RR 350	T7	150	200	200	20				

Tabla A3. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación RR350.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
RR 350	T7	150	200	250	20	0.573	0.966	2.8	155
RR 350	T7	150	200	250	20	0.592	0.967	2.8	160
RR 350	T7	150	200	250	20	0.581	0.968	2.799	157
RR 350	T7	150	200	250	20	0.597	0.968	2.799	162
RR 350	T7	150	200	250	20	0.575	0.968	2.799	156
RR 350	T7	150	200	300	20	0.597	0.986	2.789	164
RR 350	T7	150	200	300	20	0.605	0.988	2.788	167
RR 350	T7	150	200	300	20	0.596	0.988	2.788	164
RR 350	T7	150	200	300	20	0.602	0.988	2.788	166
RR 350	T7	150	200	300	20	0.59	0.988	2.788	163
RR 350	T7	200	200	25	20	0.583	0.868	2.846	144
RR 350	T7	200	200	25	20	0.587	0.868	2.846	145
RR 350	T7	200	200	25	20	0.57	0.868	2.846	141
RR 350	T7	200	200	25	20	0.52	0.868	2.846	129
RR 350	T7	200	200	25	20	0.607	0.868	2.846	150
RR 350	T7	200	200	50	20	0.592	0.878	2.841	148
RR 350	T7	200	200	50	20	0.583	0.88	2.841	146
RR 350	T7	200	200	50	20	0.576	0.881	2.84	144
RR 350	T7	200	200	50	20	0.586	0.881	2.84	147
RR 350	T7	200	200	50	20	0.619	0.882	2.84	155
RR 350	T7	200	200	100	20	0.598	0.905	2.831	153
RR 350	T7	200	200	100	20	0.591	0.905	2.831	152
RR 350	T7	200	200	100	20	0.589	0.906	2.83	151
RR 350	T7	200	200	100	20	0.585	0.906	2.83	150
RR 350	T7	200	200	100	20	0.592	0.906	2.83	152
RR 350	T7	200	200	150	20	0.605	0.927	2.821	158
RR 350	T7	200	200	150	20	0.618	0.929	2.82	162
RR 350	T7	200	200	150	20	0.576	0.929	2.82	151
RR 350	T7	200	200	150	20	0.595	0.929	2.82	156
RR 350	T7	200	200	150	20	0.6	0.929	2.82	157
RR 350	T7	200	200	200	20	0.597	0.948	2.81	159
RR 350	T7	200	200	200	20	0.61	0.948	2.81	162
RR 350	T7	200	200	200	20	0.599	0.949	2.81	160
RR 350	T7	200	200	200	20	-	-	-	-
RR 350	T7	200	200	200	20	-	-	-	-
RR 350	T7	200	200	250	20	0.617	0.967	2.8	167
RR 350	T7	200	200	250	20	0.602	0.968	2.799	163
RR 350	T7	200	200	250	20	0.593	0.969	2.799	161
RR 350	T7	200	200	250	20	0.606	0.969	2.799	164
RR 350	T7	200	200	250	20	0.602	0.969	2.799	163
RR 350	T7	200	200	300	20	0.584	0.988	2.788	161
RR 350	T7	200	200	300	20	0.59	0.988	2.788	163
RR 350	T7	200	200	300	20	0.598	0.989	2.787	165
RR 350	T7	200	200	300	20	0.585	0.989	2.787	161
RR 350	T7	200	200	300	20	0.584	0.989	2.787	161
RR 350	T7	250	200	25	20	0.623	0.868	2.846	154
RR 350	T7	250	200	25	20	-	-	-	-
RR 350	T7	250	200	25	20	-	-	-	-
RR 350	T7	250	200	25	20	-	-	-	-
RR 350	T7	250	200	25	20	-	-	-	-
RR 350	T7	250	200	50	20	0.579	0.878	2.841	144
RR 350	T7	250	200	50	20	0.572	0.879	2.841	143
RR 350	T7	250	200	50	20	0.602	0.88	2.841	151
RR 350	T7	250	200	50	20	0.574	0.881	2.84	144
RR 350	T7	250	200	50	20	0.564	0.881	2.84	141
RR 350	T7	250	200	100	20	0.572	0.903	2.832	146
RR 350	T7	250	200	100	20	0.58	0.906	2.83	149
RR 350	T7	250	200	100	20	0.569	0.905	2.831	146
RR 350	T7	250	200	100	20	0.575	0.905	2.831	147
RR 350	T7	250	200	100	20	0.582	0.906	2.83	149

Tabla A4. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación RR350.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
RR 350	T7	250	200	150	20	0.582	0.925	2.821	152
RR 350	T7	250	200	150	20	0.572	0.928	2.82	150
RR 350	T7	250	200	150	20	0.588	0.929	2.82	154
RR 350	T7	250	200	150	20	0.571	0.929	2.82	149
RR 350	T7	250	200	150	20	0.584	0.928	2.82	153
RR 350	T7	250	200	200	20	0.574	0.948	2.81	153
RR 350	T7	250	200	200	20	0.576	0.949	2.81	153
RR 350	T7	250	200	200	20	0.594	0.949	2.81	158
RR 350	T7	250	200	200	20	0.587	0.949	2.809	157
RR 350	T7	250	200	200	20	0.577	0.949	2.809	154
RR 350	T7	250	200	250	20	0.572	0.966	2.8	155
RR 350	T7	250	200	250	20	0.598	0.966	2.8	162
RR 350	T7	250	200	250	20	0.579	0.966	2.8	157
RR 350	T7	250	200	250	20	0.582	0.967	2.8	158
RR 350	T7	250	200	250	20	0.582	0.967	2.8	158
RR 350	T7	250	200	300	20	0.579	0.987	2.788	159
RR 350	T7	250	200	300	20	0.548	0.988	2.788	151
RR 350	T7	250	200	300	20	0.576	0.988	2.788	159
RR 350	T7	250	200	300	20	0.565	0.989	2.787	156
RR 350	T7	250	200	300	20	0.57	0.988	2.788	157
RR 350	T7	300	200	25	20	0.571	0.868	2.846	141
RR 350	T7	300	200	25	20	0.621	0.868	2.846	153
RR 350	T7	300	200	25	20	0.614	0.868	2.846	152
RR 350	T7	300	200	25	20	0.584	0.868	2.846	144
RR 350	T7	300	200	25	20	0.539	0.868	2.846	133
RR 350	T7	300	200	50	20	0.611	0.88	2.841	153
RR 350	T7	300	200	50	20	0.612	0.881	2.84	153
RR 350	T7	300	200	50	20	0.58	0.881	2.84	145
RR 350	T7	300	200	50	20	0.625	0.881	2.84	156
RR 350	T7	300	200	50	20	0.625	0.882	2.84	157
RR 350	T7	300	200	100	20	0.605	0.905	2.831	155
RR 350	T7	300	200	100	20	0.602	0.905	2.831	154
RR 350	T7	300	200	100	20	0.591	0.905	2.831	151
RR 350	T7	300	200	100	20	0.579	0.906	2.83	149
RR 350	T7	300	200	100	20	0.583	0.906	2.83	149
RR 350	T7	300	200	150	20	0.599	0.928	2.82	157
RR 350	T7	300	200	150	20	0.59	0.928	2.82	154
RR 350	T7	300	200	150	20	0.592	0.928	2.82	155
RR 350	T7	300	200	150	20	0.618	0.928	2.82	162
RR 350	T7	300	200	150	20	0.604	0.928	2.82	158
RR 350	T7	300	200	200	20	0.589	0.948	2.81	157
RR 350	T7	300	200	200	20	0.6	0.948	2.81	160
RR 350	T7	300	200	200	20	0.602	0.948	2.81	160
RR 350	T7	300	200	200	20	0.598	0.948	2.81	159
RR 350	T7	300	200	200	20	0.597	0.949	2.809	159
RR 350	T7	300	200	250	20	0.612	0.968	2.799	166
RR 350	T7	300	200	250	20	0.597	0.969	2.799	162
RR 350	T7	300	200	250	20	0.596	0.969	2.799	162
RR 350	T7	300	200	250	20	0.616	0.969	2.799	167
RR 350	T7	300	200	250	20	0.609	0.97	2.798	165
RR 350	T7	300	200	300	20	0.577	0.988	2.788	159
RR 350	T7	300	200	300	20	0.588	0.989	2.787	162
RR 350	T7	300	200	300	20	0.582	0.988	2.788	160
RR 350	T7	300	200	300	20	0.583	0.989	2.787	161
RR 350	T7	300	200	300	20	0.593	0.989	2.787	163
RR 350	T7	25	200	25	30	0.499	0.868	2.846	123
RR 350	T7	25	200	25	30	0.468	0.868	2.846	116
RR 350	T7	25	200	25	30	0.539	0.868	2.846	133
RR 350	T7	25	200	25	30	0.552	0.868	2.846	136
RR 350	T7	25	200	25	30	0.53	0.868	2.846	131

Tabla A5.Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación RR350.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm2/s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm3)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
RR 350	T7	25	200	50	30	0.541	0.877	2.842	135
RR 350	T7	25	200	50	30	0.5	0.881	2.84	125
RR 350	T7	25	200	50	30	0.483	0.881	2.84	121
RR 350	T7	25	200	50	30	-	-	-	-
RR 350	T7	25	200	50	30	-	-	-	-
RR 350	T7	25	200	100	30	0.533	0.903	2.832	136
RR 350	T7	25	200	100	30	0.518	0.905	2.831	133
RR 350	T7	25	200	100	30	0.516	0.905	2.831	132
RR 350	T7	25	200	100	30	0.503	0.905	2.831	129
RR 350	T7	25	200	100	30	0.518	0.905	2.831	133
RR 350	T7	25	200	150	30	0.528	0.925	2.822	138
RR 350	T7	25	200	150	30	0.527	0.927	2.821	138
RR 350	T7	25	200	150	30	0.526	0.927	2.821	137
RR 350	T7	25	200	150	30	0.527	0.928	2.82	138
RR 350	T7	25	200	150	30	0.524	0.928	2.82	137
RR 350	T7	25	200	200	30	0.528	0.946	2.811	140
RR 350	T7	25	200	200	30	0.542	0.948	2.81	144
RR 350	T7	25	200	200	30	0.516	0.948	2.81	137
RR 350	T7	25	200	200	30	0.539	0.948	2.81	144
RR 350	T7	25	200	200	30	0.544	0.948	2.81	145
RR 350	T7	25	200	250	30	0.563	0.966	2.801	152
RR 350	T7	25	200	250	30	0.556	0.966	2.8	150
RR 350	T7	25	200	250	30	0.561	0.966	2.8	152
RR 350	T7	25	200	250	30	0.56	0.966	2.8	151
RR 350	T7	25	200	250	30	0.553	0.966	2.8	150
RR 350	T7	25	200	300	30	0.573	0.986	2.789	158
RR 350	T7	25	200	300	30	0.553	0.987	2.788	152
RR 350	T7	25	200	300	30	0.551	0.988	2.788	152
RR 350	T7	25	200	300	30	0.564	0.988	2.788	155
RR 350	T7	25	200	300	30	0.565	0.988	2.788	156
RR 350	T7	150	200	25	30	0.599	0.868	2.846	148
RR 350	T7	150	200	25	30	0.492	0.868	2.846	121
RR 350	T7	150	200	25	30	0.592	0.868	2.846	146
RR 350	T7	150	200	25	30	0.517	0.868	2.846	128
RR 350	T7	150	200	25	30	0.536	0.868	2.846	132
RR 350	T7	150	200	50	30	0.53	0.877	2.842	132
RR 350	T7	150	200	50	30	0.572	0.879	2.841	143
RR 350	T7	150	200	50	30	0.571	0.88	2.841	143
RR 350	T7	150	200	50	30	0.555	0.881	2.84	139
RR 350	T7	150	200	50	30	0.515	0.881	2.84	129
RR 350	T7	150	200	100	30	0.551	0.903	2.832	141
RR 350	T7	150	200	100	30	0.562	0.905	2.831	144
RR 350	T7	150	200	100	30	0.537	0.905	2.831	137
RR 350	T7	150	200	100	30	0.567	0.905	2.831	145
RR 350	T7	150	200	100	30	0.543	0.905	2.831	139
RR 350	T7	150	200	150	30	0.556	0.925	2.822	145
RR 350	T7	150	200	150	30	0.54	0.927	2.821	141
RR 350	T7	150	200	150	30	0.548	0.927	2.821	143
RR 350	T7	150	200	150	30	0.554	0.928	2.82	145
RR 350	T7	150	200	150	30	0.552	0.928	2.82	144
RR 350	T7	150	200	200	30	0.564	0.946	2.811	150
RR 350	T7	150	200	200	30	0.554	0.946	2.811	147
RR 350	T7	150	200	200	30	0.56	0.948	2.81	149
RR 350	T7	150	200	200	30	0.568	0.948	2.81	151
RR 350	T7	150	200	200	30	0.556	0.948	2.81	148
RR 350	T7	150	200	250	30	0.576	0.966	2.8	156

Tabla A6. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación RR350.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
RR 350	T7	150	200	300	30	0.563	0.987	2.788	155
RR 350	T7	150	200	300	30	0.562	0.988	2.788	155
RR 350	T7	150	200	300	30	0.564	0.988	2.788	155
RR 350	T7	150	200	300	30	0.566	0.988	2.788	156
RR 350	T7	150	200	300	30	0.547	0.988	2.788	151
RR 350	T7	150	200	25	30	0.54	0.868	2.846	133
RR 350	T7	150	200	25	30	0.53	0.868	2.846	131
RR 350	T7	150	200	25	30	0.557	0.868	2.846	138
RR 350	T7	150	200	25	30	0.548	0.868	2.846	135
RR 350	T7	150	200	25	30	0.56	0.868	2.846	138
RR 350	T7	150	200	50	30	0.557	0.877	2.842	139
RR 350	T7	150	200	50	30	0.513	0.879	2.841	128
RR 350	T7	150	200	50	30	0.558	0.88	2.841	140
RR 350	T7	150	200	50	30	0.554	0.881	2.84	139
RR 350	T7	150	200	50	30	0.518	0.881	2.84	130
RR 350	T7	150	200	100	30	0.548	0.904	2.831	140
RR 350	T7	150	200	100	30	0.552	0.905	2.831	141
RR 350	T7	150	200	100	30	0.559	0.905	2.831	143
RR 350	T7	150	200	100	30	0.548	0.905	2.831	140
RR 350	T7	150	200	100	30	0.555	0.907	2.83	142
RR 350	T7	150	200	150	30	0.542	0.927	2.821	142
RR 350	T7	150	200	150	30	0.56	0.928	2.82	147
RR 350	T7	150	200	150	30	0.524	0.928	2.82	137
RR 350	T7	150	200	150	30	0.56	0.928	2.82	147
RR 350	T7	150	200	150	30	0.536	0.928	2.82	140
RR 350	T7	150	200	200	30	0.562	0.947	2.811	150
RR 350	T7	150	200	200	30	0.553	0.948	2.81	147
RR 350	T7	150	200	200	30	0.555	0.949	2.809	148
RR 350	T7	150	200	200	30	0.557	0.949	2.809	148
RR 350	T7	150	200	200	30	0.565	0.968	2.799	153
RR 350	T7	150	200	250	30	0.531	0.968	2.799	144
RR 350	T7	150	200	250	30	0.56	0.968	2.799	152
RR 350	T7	150	200	250	30	0.558	0.969	2.799	151
RR 350	T7	150	200	250	30	0.541	0.969	2.799	147
RR 350	T7	150	200	250	30	-	-	-	-
RR 350	T7	150	200	300	30	0.555	0.988	2.788	153
RR 350	T7	150	200	300	30	0.562	0.988	2.788	155
RR 350	T7	150	200	300	30	0.557	0.989	2.787	154
RR 350	T7	150	200	300	30	0.558	0.989	2.787	154
RR 350	T7	150	200	300	30	0.549	0.989	2.787	151
RR 350	T7	150	200	25	30	0.629	0.868	2.846	155
RR 350	T7	150	200	25	30	0.583	0.868	2.846	144
RR 350	T7	150	200	25	30	0.611	0.868	2.846	151
RR 350	T7	150	200	25	30	0.671	0.868	2.846	166
RR 350	T7	150	200	25	30	-	-	-	-
RR 350	T7	150	200	50	30	0.542	0.878	2.841	135
RR 350	T7	150	200	50	30	0.562	0.879	2.841	140
RR 350	T7	150	200	50	30	0.557	0.881	2.84	139
RR 350	T7	150	200	50	30	0.518	0.881	2.84	129
RR 350	T7	150	200	50	30	0.494	0.882	2.84	124
RR 350	T7	150	200	100	30	0.553	0.905	2.831	142
RR 350	T7	150	200	100	30	0.528	0.905	2.831	135
RR 350	T7	150	200	100	30	0.535	0.906	2.83	137
RR 350	T7	150	200	100	30	0.545	0.906	2.83	140
RR 350	T7	150	200	100	30	0.538	0.907	2.83	138
RR 350	T7	150	200	150	30	0.541	0.928	2.82	142
RR 350	T7	150	200	150	30	0.549	0.929	2.82	144
RR 350	T7	150	200	150	30	0.541	0.929	2.82	142
RR 350	T7	150	200	150	30	0.544	0.928	2.82	142

Tabla A7. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación RR350.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm2/s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm3)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
RR 350	T7	150	200	150	30	0.54	0.928	2.82	141
RR 350	T7	150	200	200	30	0.543	0.949	2.81	145
RR 350	T7	150	200	200	30	0.542	0.949	2.809	144
RR 350	T7	150	200	200	30	0.562	0.949	2.81	150
RR 350	T7	150	200	200	30	0.554	0.949	2.809	148
RR 350	T7	150	200	200	30	0.551	0.949	2.809	147
RR 350	T7	150	200	250	30	0.572	0.969	2.799	155
RR 350	T7	150	200	250	30	0.552	0.969	2.799	150
RR 350	T7	150	200	250	30	0.579	0.97	2.798	157
RR 350	T7	150	200	250	30	0.557	0.969	2.799	151
RR 350	T7	150	200	250	30	0.556	0.97	2.798	151
RR 350	T7	150	200	300	30	0.535	0.989	2.787	147
RR 350	T7	150	200	300	30	0.558	0.989	2.787	154
RR 350	T7	150	200	300	30	0.548	0.989	2.787	151
RR 350	T7	150	200	300	30	0.537	0.989	2.787	148
RR 350	T7	150	200	300	30	0.562	0.989	2.787	155
RR 350	T7	200	200	25	30	0.593	0.868	2.846	146
RR 350	T7	200	200	25	30	0.609	0.868	2.846	150
RR 350	T7	200	200	25	30	0.6	0.868	2.846	148
RR 350	T7	200	200	25	30	0.603	0.868	2.846	149
RR 350	T7	200	200	25	30	0.58	0.868	2.846	143
RR 350	T7	200	200	50	30	0.584	0.877	2.842	146
RR 350	T7	200	200	50	30	0.589	0.879	2.841	147
RR 350	T7	200	200	50	30	0.527	0.88	2.841	132
RR 350	T7	200	200	50	30	0.58	0.881	2.84	145
RR 350	T7	200	200	50	30	0.558	0.881	2.84	140
RR 350	T7	200	200	100	30	0.59	0.903	2.832	151
RR 350	T7	200	200	100	30	0.575	0.905	2.831	147
RR 350	T7	200	200	100	30	0.579	0.905	2.831	148
RR 350	T7	200	200	100	30	0.589	0.905	2.831	151
RR 350	T7	200	200	100	30	0.578	0.905	2.831	148
RR 350	T7	200	200	150	30	0.585	0.925	2.822	153
RR 350	T7	200	200	150	30	0.581	0.927	2.821	152
RR 350	T7	200	200	150	30	0.573	0.927	2.821	150
RR 350	T7	200	200	150	30	0.564	0.928	2.82	147
RR 350	T7	200	200	150	30	0.58	0.927	2.821	152
RR 350	T7	200	200	200	30	0.568	0.946	2.811	151
RR 350	T7	200	200	200	30	0.564	0.948	2.81	150
RR 350	T7	200	200	200	30	0.567	0.948	2.81	151
RR 350	T7	200	200	200	30	0.568	0.948	2.81	151
RR 350	T7	200	200	200	30	0.566	0.948	2.81	151
RR 350	T7	200	200	250	30	0.568	0.968	2.799	154
RR 350	T7	200	200	250	30	0.559	0.968	2.799	152
RR 350	T7	200	200	250	30	0.563	0.968	2.799	153
RR 350	T7	200	200	250	30	0.567	0.968	2.799	154
RR 350	T7	200	200	250	30	-	-	-	-
RR 350	T7	200	200	300	30	0.563	0.987	2.789	155
RR 350	T7	200	200	300	30	0.557	0.988	2.788	153
RR 350	T7	200	200	300	30	0.574	0.988	2.788	158
RR 350	T7	200	200	300	30	0.561	0.988	2.788	155
RR 350	T7	200	200	300	30	0.565	0.988	2.788	156
RR 350	T7	250	200	25	30	0.461	0.868	2.846	114
RR 350	T7	250	200	25	30	0.563	0.868	2.846	139
RR 350	T7	250	200	25	30	0.575	0.868	2.846	142
RR 350	T7	250	200	25	30	0.634	0.868	2.846	156
RR 350	T7	250	200	25	30	0.604	0.868	2.846	149
RR 350	T7	250	200	50	30	0.565	0.879	2.841	141
RR 350	T7	250	200	50	30	0.566	0.88	2.841	141
RR 350	T7	250	200	50	30	0.576	0.881	2.84	144

Tabla A8. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación RR350.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
RR 350	T7	300	200	300	30	0.558	0.989	2.787	154
RR 350	T7	300	200	300	30	0.575	0.989	2.787	159
RR 350	T7	300	200	300	30	0.574	0.989	2.787	158
RR 350	T7	300	200	300	30	0.578	0.989	2.787	159
RR 350	T7	25	200	25	50	0.494	0.868	2.846	122
RR 350	T7	25	200	25	50	0.54	0.868	2.846	133
RR 350	T7	25	200	25	50	0.527	0.868	2.846	130
RR 350	T7	25	200	25	50	0.459	0.868	2.846	113
RR 350	T7	25	200	25	50	0.537	0.868	2.846	133
RR 350	T7	25	200	50	50	0.513	0.877	2.842	128
RR 350	T7	25	200	50	50	0.497	0.879	2.841	124
RR 350	T7	25	200	50	50	0.538	0.88	2.841	134
RR 350	T7	25	200	50	50	0.52	0.881	2.84	130
RR 350	T7	25	200	50	50	0.527	0.881	2.84	132
RR 350	T7	25	200	100	50	0.527	0.903	2.832	135
RR 350	T7	25	200	100	50	0.536	0.905	2.831	137
RR 350	T7	25	200	100	50	0.517	0.905	2.831	132
RR 350	T7	25	200	100	50	0.515	0.905	2.831	132
RR 350	T7	25	200	100	50	0.543	0.905	2.831	139
RR 350	T7	25	200	150	50	0.522	0.925	2.822	136
RR 350	T7	25	200	150	50	0.524	0.927	2.821	137
RR 350	T7	25	200	150	50	0.525	0.927	2.821	137
RR 350	T7	25	200	150	50	0.531	0.928	2.82	139
RR 350	T7	25	200	150	50	0.529	0.928	2.82	139
RR 350	T7	25	200	200	50	0.54	0.946	2.811	143
RR 350	T7	25	200	200	50	0.541	0.948	2.81	144
RR 350	T7	25	200	200	50	0.544	0.948	2.81	145
RR 350	T7	25	200	200	50	0.543	0.948	2.81	145
RR 350	T7	25	200	200	50	0.531	0.948	2.81	141
RR 350	T7	25	200	250	50	0.544	0.966	2.8	147
RR 350	T7	25	200	250	50	0.563	0.968	2.799	153
RR 350	T7	25	200	250	50	0.566	0.968	2.799	153
RR 350	T7	25	200	250	50	0.558	0.968	2.799	151
RR 350	T7	25	200	250	50	0.562	0.968	2.799	152
RR 350	T7	25	200	300	50	0.552	0.988	2.788	152
RR 350	T7	25	200	300	50	0.561	0.988	2.788	154
RR 350	T7	25	200	300	50	0.558	0.988	2.788	154
RR 350	T7	25	200	300	50	0.562	0.988	2.788	155
RR 350	T7	25	200	300	50	0.538	0.988	2.788	148
RR 350	T7	150	200	25	50	0.518	0.868	2.846	128
RR 350	T7	150	200	25	50	0.493	0.868	2.846	122
RR 350	T7	150	200	25	50	0.497	0.868	2.846	123
RR 350	T7	150	200	25	50	0.494	0.868	2.846	122
RR 350	T7	150	200	25	50	0.535	0.868	2.846	132
RR 350	T7	150	200	50	50	0.511	0.877	2.842	127
RR 350	T7	150	200	50	50	0.533	0.879	2.841	133
RR 350	T7	150	200	50	50	0.505	0.881	2.84	126
RR 350	T7	150	200	50	50	0.51	0.881	2.84	128
RR 350	T7	150	200	50	50	0.493	0.881	2.84	123
RR 350	T7	150	200	100	50	0.506	0.904	2.831	129
RR 350	T7	150	200	100	50	0.501	0.905	2.831	128
RR 350	T7	150	200	100	50	0.509	0.905	2.831	130
RR 350	T7	150	200	100	50	0.498	0.906	2.83	128
RR 350	T7	150	200	100	50	0.521	0.906	2.83	134
RR 350	T7	150	200	150	50	0.511	0.925	2.822	133
RR 350	T7	150	200	150	50	0.492	0.928	2.82	129
RR 350	T7	150	200	150	50	0.516	0.928	2.82	135
RR 350	T7	150	200	150	50	0.514	0.928	2.82	135
RR 350	T7	150	200	150	50	0.508	0.928	2.82	133
RR 350	T7	150	200	200	50	0.506	0.948	2.81	135

Tabla A9. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación RR350.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
RR 350	T7	250	200	50	30	0.571	0.881	2.84	143
RR 350	T7	250	200	50	30	0.561	0.882	2.84	141
RR 350	T7	250	200	100	30	0.558	0.903	2.832	143
RR 350	T7	250	200	100	30	0.562	0.906	2.83	144
RR 350	T7	250	200	100	30	0.571	0.905	2.831	146
RR 350	T7	250	200	100	30	0.563	0.905	2.831	144
RR 350	T7	250	200	100	30	0.561	0.906	2.83	144
RR 350	T7	250	200	150	30	0.55	0.926	2.821	144
RR 350	T7	250	200	150	30	0.549	0.928	2.82	144
RR 350	T7	250	200	150	30	0.558	0.928	2.82	146
RR 350	T7	250	200	150	30	0.542	0.928	2.82	142
RR 350	T7	250	200	150	30	0.551	0.929	2.82	144
RR 350	T7	250	200	200	30	0.549	0.948	2.81	146
RR 350	T7	250	200	200	30	0.552	0.949	2.81	147
RR 350	T7	250	200	200	30	0.544	0.949	2.809	145
RR 350	T7	250	200	200	30	-	-	-	-
RR 350	T7	250	200	200	30	-	-	-	-
RR 350	T7	250	200	250	30	0.581	0.968	2.799	157
RR 350	T7	250	200	250	30	0.554	0.969	2.799	150
RR 350	T7	250	200	250	30	0.559	0.968	2.799	152
RR 350	T7	250	200	250	30	0.55	0.969	2.799	149
RR 350	T7	250	200	250	30	0.557	0.968	2.799	151
RR 350	T7	250	200	300	30	0.549	0.988	2.788	151
RR 350	T7	250	200	300	30	0.538	0.989	2.787	148
RR 350	T7	250	200	300	30	0.534	0.989	2.787	147
RR 350	T7	250	200	300	30	0.542	0.989	2.787	149
RR 350	T7	250	200	300	30	0.535	0.989	2.787	147
RR 350	T7	300	200	25	30	0.491	0.868	2.846	121
RR 350	T7	300	200	25	30	0.568	0.868	2.846	140
RR 350	T7	300	200	25	30	0.577	0.868	2.846	143
RR 350	T7	300	200	25	30	0.59	0.868	2.846	146
RR 350	T7	300	200	25	30	0.514	0.868	2.846	127
RR 350	T7	300	200	50	30	0.582	0.879	2.841	145
RR 350	T7	300	200	50	30	0.541	0.88	2.841	135
RR 350	T7	300	200	50	30	0.603	0.881	2.84	151
RR 350	T7	300	200	50	30	0.562	0.881	2.84	141
RR 350	T7	300	200	50	30	0.531	0.882	2.84	133
RR 350	T7	300	200	100	30	0.593	0.904	2.831	152
RR 350	T7	300	200	100	30	0.58	0.906	2.83	149
RR 350	T7	300	200	100	30	0.564	0.905	2.831	144
RR 350	T7	300	200	100	30	0.582	0.906	2.83	149
RR 350	T7	300	200	100	30	0.571	0.906	2.83	146
RR 350	T7	300	200	150	30	0.57	0.928	2.82	149
RR 350	T7	300	200	150	30	0.572	0.928	2.82	150
RR 350	T7	300	200	150	30	0.565	0.928	2.82	148
RR 350	T7	300	200	150	30	0.583	0.928	2.82	153
RR 350	T7	300	200	150	30	0.579	0.929	2.82	152
RR 350	T7	300	200	200	30	0.568	0.949	2.81	152
RR 350	T7	300	200	200	30	0.56	0.949	2.81	149
RR 350	T7	300	200	200	30	0.574	0.949	2.81	153
RR 350	T7	300	200	200	30	0.576	0.949	2.81	154
RR 350	T7	300	200	200	30	0.584	0.949	2.81	156
RR 350	T7	300	200	250	30	0.57	0.968	2.799	154
RR 350	T7	300	200	250	30	0.579	0.969	2.799	157
RR 350	T7	300	200	250	30	0.541	0.969	2.799	147
RR 350	T7	300	200	250	30	0.579	0.969	2.799	157
RR 350	T7	300	200	250	30	0.594	0.969	2.799	161
RR 350	T7	300	200	300	30	0.567	0.989	2.787	156

Tabla A10. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación RR350.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
RR 350	T7	150	200	200	50	0.506	0.948	2.81	135
RR 350	T7	150	200	200	50	0.513	0.948	2.81	137
RR 350	T7	150	200	200	50	0.512	0.949	2.809	136
RR 350	T7	150	200	200	50	0.5	0.949	2.81	133
RR 350	T7	150	200	250	50	0.508	0.967	2.8	137
RR 350	T7	150	200	250	50	0.513	0.968	2.799	139
RR 350	T7	150	200	250	50	0.516	0.969	2.799	140
RR 350	T7	150	200	250	50	0.512	0.969	2.799	139
RR 350	T7	150	200	250	50	0.51	0.969	2.799	138
RR 350	T7	150	200	300	50	0.488	0.988	2.788	135
RR 350	T7	150	200	300	50	0.495	0.988	2.788	136
RR 350	T7	150	200	300	50	0.492	0.988	2.788	135
RR 350	T7	150	200	300	50	0.497	0.989	2.787	137
RR 350	T7	150	200	300	50	0.501	0.989	2.787	138
RR 350	T7	200	200	25	50	0.498	0.868	2.846	123
RR 350	T7	200	200	25	50	0.532	0.868	2.846	131
RR 350	T7	200	200	25	50	0.518	0.868	2.846	128
RR 350	T7	200	200	25	50	0.506	0.868	2.846	125
RR 350	T7	200	200	25	50	0.495	0.868	2.846	122
RR 350	T7	200	200	50	50	0.529	0.878	2.841	132
RR 350	T7	200	200	50	50	0.494	0.879	2.841	123
RR 350	T7	200	200	50	50	0.546	0.878	2.841	136
RR 350	T7	200	200	50	50	0.5	0.878	2.841	125
RR 350	T7	200	200	50	50	0.527	0.88	2.841	132
RR 350	T7	200	200	100	50	0.512	0.904	2.831	131
RR 350	T7	200	200	100	50	0.514	0.905	2.831	132
RR 350	T7	200	200	100	50	0.519	0.905	2.831	133
RR 350	T7	200	200	100	50	0.508	0.905	2.831	130
RR 350	T7	200	200	100	50	0.508	0.906	2.83	130
RR 350	T7	200	200	150	50	0.512	0.926	2.821	134
RR 350	T7	200	200	150	50	0.515	0.927	2.821	135
RR 350	T7	200	200	150	50	0.516	0.927	2.821	135
RR 350	T7	200	200	150	50	0.508	0.927	2.821	133
RR 350	T7	200	200	150	50	0.512	0.927	2.821	134
RR 350	T7	200	200	200	50	0.524	0.946	2.811	139
RR 350	T7	200	200	200	50	0.524	0.948	2.81	140
RR 350	T7	200	200	200	50	0.521	0.948	2.81	139
RR 350	T7	200	200	200	50	0.522	0.948	2.81	139
RR 350	T7	200	200	200	50	0.524	0.948	2.81	140
RR 350	T7	200	200	250	50	0.514	0.967	2.8	139
RR 350	T7	200	200	250	50	0.514	0.968	2.799	139
RR 350	T7	200	200	250	50	0.506	0.968	2.799	137
RR 350	T7	200	200	250	50	0.508	0.968	2.799	138
RR 350	T7	200	200	250	50	0.511	0.968	2.799	138
RR 350	T7	200	200	300	50	0.502	0.988	2.788	138
RR 350	T7	200	200	300	50	0.503	0.988	2.788	138
RR 350	T7	200	200	300	50	0.497	0.988	2.788	137
RR 350	T7	200	200	300	50	0.497	0.988	2.788	137
RR 350	T7	200	200	300	50	0.501	0.988	2.788	138
RR 350	T7	250	200	25	50	0.598	0.868	2.846	148
RR 350	T7	250	200	25	50	0.521	0.868	2.846	129
RR 350	T7	250	200	25	50	0.563	0.868	2.846	139
RR 350	T7	250	200	25	50	0.569	0.868	2.846	141
RR 350	T7	250	200	25	50	0.541	0.868	2.846	134
RR 350	T7	250	200	50	50	0.552	0.877	2.842	138
RR 350	T7	250	200	50	50	0.521	0.879	2.841	130
RR 350	T7	250	200	50	50	0.498	0.88	2.841	125
RR 350	T7	250	200	100	50	0.575	0.903	2.832	147
RR 350	T7	250	200	100	50	0.556	0.905	2.831	142
RR 350	T7	250	200	100	50	0.556	0.905	2.831	143
RR 350	T7	250	200	100	50	0.565	0.905	2.831	145

Tabla A11. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación RR350.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
RR 350	T7	250	200	100	50	0.572	0.906	2.83	147
RR 350	T7	250	200	150	50	0.565	0.925	2.822	148
RR 350	T7	250	200	150	50	0.563	0.927	2.821	147
RR 350	T7	250	200	150	50	0.561	0.928	2.82	147
RR 350	T7	250	200	150	50	0.548	0.928	2.82	144
RR 350	T7	250	200	150	50	0.573	0.928	2.82	150
RR 350	T7	250	200	200	50	0.561	0.947	2.811	149
RR 350	T7	250	200	200	50	0.557	0.948	2.81	148
RR 350	T7	250	200	200	50	0.554	0.948	2.81	148
RR 350	T7	250	200	200	50	0.554	0.948	2.81	148
RR 350	T7	250	200	200	50	0.574	0.948	2.81	153
RR 350	T7	250	200	250	50	0.564	0.966	2.8	152
RR 350	T7	250	200	250	50	0.542	0.968	2.799	147
RR 350	T7	250	200	250	50	0.528	0.968	2.799	143
RR 350	T7	250	200	250	50	0.559	0.968	2.799	151
RR 350	T7	250	200	250	50	0.544	0.969	2.799	148
RR 350	T7	250	200	300	50	0.534	0.988	2.788	147
RR 350	T7	250	200	300	50	0.525	0.988	2.788	145
RR 350	T7	250	200	300	50	0.549	0.988	2.788	151
RR 350	T7	250	200	300	50	0.529	0.988	2.788	146
RR 350	T7	250	200	300	50	0.55	0.988	2.788	152
RR 350	T7	300	200	25	50	0.596	0.868	2.846	147
RR 350	T7	300	200	25	50	0.598	0.868	2.846	148
RR 350	T7	300	200	25	50	0.558	0.868	2.846	138
RR 350	T7	300	200	25	50	0.551	0.868	2.846	136
RR 350	T7	300	200	25	50	0.574	0.868	2.846	142
RR 350	T7	300	200	50	50	0.577	0.877	2.842	144
RR 350	T7	300	200	50	50	0.561	0.88	2.841	140
RR 350	T7	300	200	50	50	0.586	0.881	2.84	147
RR 350	T7	300	200	50	50	0.598	0.881	2.84	150
RR 350	T7	300	200	50	50	0.592	0.882	2.84	148
RR 350	T7	300	200	100	50	0.573	0.905	2.831	147
RR 350	T7	300	200	100	50	0.571	0.906	2.83	146
RR 350	T7	300	200	100	50	0.57	0.905	2.831	146
RR 350	T7	300	200	100	50	0.573	0.905	2.831	147
RR 350	T7	300	200	100	50	0.545	0.906	2.83	140
RR 350	T7	300	200	150	50	0.582	0.927	2.821	152
RR 350	T7	300	200	150	50	0.58	0.928	2.82	152
RR 350	T7	300	200	150	50	0.567	0.928	2.82	148
RR 350	T7	300	200	150	50	0.56	0.928	2.82	146
RR 350	T7	300	200	150	50	0.567	0.929	2.82	148
RR 350	T7	300	200	200	50	0.587	0.948	2.81	156
RR 350	T7	300	200	200	50	0.56	0.948	2.81	149
RR 350	T7	300	200	200	50	0.553	0.949	2.81	147
RR 350	T7	300	200	200	50	0.555	0.949	2.81	148
RR 350	T7	300	200	200	50	0.567	0.949	2.809	151
RR 350	T7	300	200	250	50	0.564	0.967	2.8	153
RR 350	T7	300	200	250	50	0.567	0.969	2.799	154
RR 350	T7	300	200	250	50	0.568	0.969	2.799	154
RR 350	T7	300	200	250	50	0.573	0.969	2.799	155
RR 350	T7	300	200	250	50	0.563	0.969	2.799	153
RR 350	T7	300	200	300	50	0.557	0.989	2.787	153
RR 350	T7	300	200	300	50	0.551	0.988	2.788	152
RR 350	T7	300	200	300	50	0.568	0.989	2.787	157
RR 350	T7	300	200	300	50	0.543	0.989	2.787	150
RR 350	T7	300	200	300	50	0.559	0.989	2.787	154

APENDICE B

Tabla B1.Resultados ensayo de Tensión, aleación 206+Zr.

Aleación	TT	Vel. De Temple (°C/min)	Vel. de Solid.	25°C				150°C				200°C				250°C				300°C			
				YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)	YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)	YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)	YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)	YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)
206+Zr	T7	200	Alta	308	389	8.0	8.5	284	320	6.1	6.5	199	227	6.5	6.7	117	140	6.4	6.4	76	80	2	2.3
206+Zr	T7	200	Alta	305	389	8.7	9.2	283	316	5.7	6.2	206	235	13.9	14.1	130	143	19.1	19.2	76	79	12	12
206+Zr	T7	200	Alta	287	388	9.0	9.5	287	322	9.9	10.3	197	225	13.0	13.2	124	145	27.3	27.3	78	84	5	4.7
206+Zr	T7	200	Alta	297	401	8.3	8.9	292	322	3.3	3.7	195	224	6.2	6.4	131	143	17.4	17.5	78	83	23	23
206+Zr	T7	200	Media	295	357	3.5	4.0	277	311	6.1	6.5	201	227	5.4	5.7	122	141	4.3	4.3	70	77	7	6.8
206+Zr	T7	200	Media	288	366	6.0	6.5	283	314	4.3	4.7	200	229	7.0	7.2	122	140	5.5	5.6	73	80	32	32
206+Zr	T7	200	Media	271	351	5.1	5.5	277	305	4.4	4.8	191	215	6.4	6.6	123	141	5.8	5.8	72	78	3	2.9
206+Zr	T7	200	Media	280	366	6.5	7.0	271	299	4.0	4.4	192	223	6.0	6.3	122	139	15.5	15.5	76	81	41	41
206+Zr	T7	200	Media	299	370	4.6	5.2	289	320	4.4	4.8	192	217	6.3	6.5	112	130	5.7	5.7	78	85	9	8.6
206+Zr	T7	200	Media	298	375	4.9	5.4	280	307	4.8	5.2	185	211	15.9	16.1	120	130	10.7	10.7	79	86	27	27
206+Zr	T7	200	Baja	*	297	0.1	0.5	*	268	0.0	0.5	187	203	3.2	3.5	117	127	5.3	5.4	82	87	10	9.6
206+Zr	T7	200	Baja	267	315	2.2	2.6	278	298	2.5	2.9	185	204	7.7	8.0	126	135	18.9	19.0	86	90	6	5.6
206+Zr	T7	200	Baja	259	302	1.7	2.1	275	295	2.9	3.3	185	204	8.8	9.1	124	134	7.0	7.1	80	85	6	5.9
206+Zr	T7	200	Baja	276	299	0.8	1.2	294	301	0.8	1.2	185	202	3.8	4.1	122	131	6.6	6.7	75	80	7	7.3

TT Tratamiento Térmico

YS Esfuerzo de Cedencia

UTS Esfuerzo último a la tensión

PE Elongación plastica

TE Elongación total

(*) No presente Cedencia al 0.2%

Tabla B2. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación 206+Zr

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm2/s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm3)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
206+Zr	T7	25	200	25	20	0.613	0.8784	2.797	150.61
206+Zr	T7	25	200	25	20	0.584	0.8784	2.797	143.48
206+Zr	T7	25	200	25	20	0.582	0.8784	2.797	142.99
206+Zr	T7	25	200	25	20	0.578	0.8784	2.797	142.01
206+Zr	T7	25	200	25	20	0.572	0.8784	2.797	140.53
206+Zr	T7	25	200	50	20	0.599	0.88896	2.793	148.72
206+Zr	T7	25	200	50	20	0.568	0.8906	2.792	141.24
206+Zr	T7	25	200	50	20	0.574	0.8918	2.792	142.92
206+Zr	T7	25	200	50	20	0.589	0.8924	2.792	146.75
206+Zr	T7	25	200	50	20	-	-	-	-
206+Zr	T7	25	200	100	20	0.609	0.91404	2.784	154.97
206+Zr	T7	25	200	100	20	0.603	0.91676	2.782	153.79
206+Zr	T7	25	200	100	20	0.596	0.91724	2.782	152.08
206+Zr	T7	25	200	100	20	0.581	0.91772	2.782	148.33
206+Zr	T7	25	200	100	20	0.579	0.93664	2.774	150.44
206+Zr	T7	25	200	150	20	0.606	0.94	2.772	157.90
206+Zr	T7	25	200	150	20	0.6	0.94	2.772	156.34
206+Zr	T7	25	200	150	20	0.589	0.94	2.772	153.47
206+Zr	T7	25	200	150	20	0.603	0.9404	2.772	157.19
206+Zr	T7	25	200	150	20				
206+Zr	T7	25	200	200	20	0.604	0.9586	2.763	159.98
206+Zr	T7	25	200	200	20	0.613	0.961	2.761	162.65
206+Zr	T7	25	200	200	20	0.617	0.961	2.762	163.77
206+Zr	T7	25	200	200	20	0.611	0.961	2.762	162.18
206+Zr	T7	25	200	200	20	0.611	0.961	2.762	162.18
206+Zr	T7	25	200	250	20	0.614	0.97848	2.752	165.34
206+Zr	T7	25	200	250	20	0.615	0.98124	2.751	166.01
206+Zr	T7	25	200	250	20	0.589	0.98124	2.751	158.99
206+Zr	T7	25	200	250	20	0.597	0.98124	2.751	161.15
206+Zr	T7	25	200	250	20	0.595	0.9816	2.751	160.67
206+Zr	T7	25	200	300	20	0.576	1.00144	2.74	158.05
206+Zr	T7	25	200	300	20	0.589	1.00108	2.74	161.56
206+Zr	T7	25	200	300	20	0.599	1.00108	2.74	164.30
206+Zr	T7	25	200	300	20	0.638	1.00108	2.74	175.00
206+Zr	T7	25	200	300	20	0.615	1.00108	2.74	168.69
206+Zr	T7	25	200	25	30	0.565	0.8784	2.797	138.81
206+Zr	T7	25	200	25	30	0.534	0.8784	2.797	131.20
206+Zr	T7	25	200	25	30	0.6	0.8784	2.797	147.41
206+Zr	T7	25	200	25	30	0.554	0.8784	2.797	136.11
206+Zr	T7	25	200	25	30	0.538	0.8784	2.797	132.18
206+Zr	T7	25	200	50	30	0.579	0.8874	2.794	143.56
206+Zr	T7	25	200	50	30	0.566	0.88948	2.793	140.61
206+Zr	T7	25	200	50	30	0.584	0.8906	2.792	145.21
206+Zr	T7	25	200	50	30	0.556	0.8918	2.792	138.44
206+Zr	T7	25	200	50	30	0.553	0.8918	2.792	137.69
206+Zr	T7	25	200	100	30	0.587	0.91404	2.784	149.37
206+Zr	T7	25	200	100	30	0.564	0.91628	2.783	143.82
206+Zr	T7	25	200	100	30	0.575	0.91676	2.783	146.70
206+Zr	T7	25	200	100	30	0.576	0.91724	2.782	146.98
206+Zr	T7	25	200	100	30	0.567	0.91724	2.782	144.68
206+Zr	T7	25	200	150	30	0.565	0.93664	2.774	146.80
206+Zr	T7	25	200	150	30	0.586	0.9388	2.773	152.55
206+Zr	T7	25	200	150	30	0.563	0.9392	2.772	146.57
206+Zr	T7	25	200	150	30	0.563	0.9392	2.773	146.63
206+Zr	T7	25	200	150	30	0.566	0.9392	2.773	147.41
206+Zr	T7	25	200	200	30	0.589	0.9578	2.763	155.87
206+Zr	T7	25	200	200	30	0.577	0.9602	2.762	153.02
206+Zr	T7	25	200	200	30	0.579	0.9602	2.762	153.55
206+Zr	T7	25	200	200	30	0.565	0.9606	2.762	149.90
206+Zr	T7	25	200	200	30	0.587	0.9606	2.762	155.74

Tabla B3 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación 206+Zr

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
206+Zr	T7	25	200	250	30	0.605	0.97804	2.753	162.90
206+Zr	T7	25	200	250	30	0.593	0.98052	2.751	159.96
206+Zr	T7	25	200	250	30	0.587	0.98052	2.751	158.34
206+Zr	T7	25	200	250	30	0.608	0.98088	2.751	164.06
206+Zr	T7	25	200	250	30	0.611	0.98088	2.751	164.87
206+Zr	T7	25	200	300	30	0.567	1.00072	2.74	155.47
206+Zr	T7	25	200	300	30	0.609	1	2.74	166.87
206+Zr	T7	25	200	300	30	0.586	1	2.74	160.56
206+Zr	T7	25	200	300	30	0.594	1.00036	2.74	162.81
206+Zr	T7	25	200	300	30	0.638	1.00036	2.74	174.87
206+Zr	T7	25	200	25	50	0.569	0.8784	2.797	139.80
206+Zr	T7	25	200	25	50	0.557	0.8784	2.797	136.85
206+Zr	T7	25	200	25	50	0.544	0.8784	2.797	133.65
206+Zr	T7	25	200	25	50	0.529	0.8784	2.797	129.97
206+Zr	T7	25	200	25	50	0.546	0.8784	2.797	134.15
206+Zr	T7	25	200	50	50	0.571	0.88792	2.794	141.66
206+Zr	T7	25	200	50	50	0.582	0.88948	2.793	144.59
206+Zr	T7	25	200	50	50	0.58	0.8906	2.792	144.22
206+Zr	T7	25	200	50	50	0.586	0.8918	2.792	145.91
206+Zr	T7	25	200	50	50	0.582	0.8924	2.792	145.01
206+Zr	T7	25	200	100	50	0.687	0.9158	2.783	175.09
206+Zr	T7	25	200	100	50	0.569	0.91676	2.783	145.17
206+Zr	T7	25	200	100	50	0.568	0.91676	2.783	144.92
206+Zr	T7	25	200	100	50	0.57	0.91724	2.782	145.45
206+Zr	T7	25	200	100	50	0.574	0.91724	2.782	146.47
206+Zr	T7	25	200	150	50	0.559	0.9384	2.773	145.46
206+Zr	T7	25	200	150	50	0.576	0.9392	2.773	150.01
206+Zr	T7	25	200	150	50	0.573	0.9392	2.772	149.18
206+Zr	T7	25	200	150	50	0.578	0.9392	2.772	150.48
206+Zr	T7	25	200	150	50	0.563	0.9396	2.772	146.64
206+Zr	T7	25	200	200	50	0.595	0.959	2.763	157.66
206+Zr	T7	25	200	200	50	0.576	0.9598	2.762	152.70
206+Zr	T7	25	200	200	50	0.579	0.9606	2.762	153.62
206+Zr	T7	25	200	200	50	0.586	0.9606	2.762	155.48
206+Zr	T7	25	200	200	50	0.592	0.9606	2.762	157.07
206+Zr	T7	25	200	250	50	0.57	0.97892	2.752	153.56
206+Zr	T7	25	200	250	50	0.615	0.98052	2.751	165.89
206+Zr	T7	25	200	250	50	0.572	0.98052	2.751	154.29
206+Zr	T7	25	200	250	50	0.585	0.98052	2.751	157.80
206+Zr	T7	25	200	250	50	0.606	0.98088	2.751	163.52
206+Zr	T7	25	200	300	50	0.611	1	2.741	167.48
206+Zr	T7	25	200	300	50	0.596	1.00036	2.74	163.36
206+Zr	T7	25	200	300	50	0.59	1.00072	2.74	161.78
206+Zr	T7	25	200	300	50	0.588	1.00072	2.74	161.23
206+Zr	T7	25	200	300	50	0.595	1.00108	2.74	163.21
206+Zr	T7	150	200	25	20	0.622	0.8784	2.797	152.82
206+Zr	T7	150	200	25	20	0.589	0.8784	2.797	144.71
206+Zr	T7	150	200	25	20	0.616	0.8784	2.797	151.34
206+Zr	T7	150	200	25	20	0.562	0.8784	2.797	138.08
206+Zr	T7	150	200	25	20				
206+Zr	T7	150	200	50	20	0.613	0.8874	2.794	151.99
206+Zr	T7	150	200	50	20	0.611	0.89	2.793	151.88
206+Zr	T7	150	200	50	20	0.596	0.8912	2.792	148.30
206+Zr	T7	150	200	50	20	0.607	0.8924	2.792	151.24
206+Zr	T7	150	200	50	20	0.637	0.8924	2.792	158.71
206+Zr	T7	150	200	100	20	0.621	0.91404	2.784	158.03
206+Zr	T7	150	200	100	20	0.619	0.91724	2.782	157.95
206+Zr	T7	150	200	100	20	0.598	0.91724	2.782	152.60
206+Zr	T7	150	200	100	20	0.594	0.91724	2.782	151.57
206+Zr	T7	150	200	100	20	0.621	0.91772	2.782	158.55

Tabla B4. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación 206+Zr

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
206+Zr	T7	150	200	150	20	0.638	0.93664	2.774	165.77
206+Zr	T7	150	200	150	20	0.631	0.9396	2.772	164.35
206+Zr	T7	150	200	150	20	0.611	0.94	2.772	159.21
206+Zr	T7	150	200	150	20	0.622	0.94	2.772	162.07
206+Zr	T7	150	200	150	20	0.635	0.9404	2.772	165.53
206+Zr	T7	150	200	200	20	0.634	0.9578	2.763	167.78
206+Zr	T7	150	200	200	20	0.614	0.961	2.761	162.91
206+Zr	T7	150	200	200	20	0.605	0.961	2.761	160.53
206+Zr	T7	150	200	200	20	0.604	0.9614	2.761	160.33
206+Zr	T7	150	200	200	20	0.619	0.9614	2.761	164.31
206+Zr	T7	150	200	250	20	0.634	0.97936	2.752	170.88
206+Zr	T7	150	200	250	20	0.656	0.98088	2.751	177.02
206+Zr	T7	150	200	250	20	0.639	0.98124	2.751	172.49
206+Zr	T7	150	200	250	20	0.643	0.98124	2.751	173.57
206+Zr	T7	150	200	250	20	0.64	0.98124	2.751	172.76
206+Zr	T7	150	200	300	20	0.655	1.00108	2.74	179.66
206+Zr	T7	150	200	300	20	0.648	1.00108	2.74	177.74
206+Zr	T7	150	200	300	20	0.664	1.00108	2.74	182.13
206+Zr	T7	150	200	300	20	0.649	1.00108	2.74	178.02
206+Zr	T7	150	200	300	20	0.632	1.00108	2.74	173.36
206+Zr	T7	150	200	25	30	0.622	0.8784	2.797	152.82
206+Zr	T7	150	200	25	30	0.636	0.8784	2.797	156.26
206+Zr	T7	150	200	25	30	0.57	0.8784	2.797	140.04
206+Zr	T7	150	200	25	30	0.58	0.8784	2.797	142.50
206+Zr	T7	150	200	25	30	0.624	0.8784	2.797	153.31
206+Zr	T7	150	200	50	30	0.606	0.8874	2.794	150.25
206+Zr	T7	150	200	50	30	0.602	0.88948	2.793	149.56
206+Zr	T7	150	200	50	30	0.62	0.8912	2.792	154.27
206+Zr	T7	150	200	50	30	0.608	0.8918	2.792	151.39
206+Zr	T7	150	200	50	30	0.603	0.893	2.792	150.34
206+Zr	T7	150	200	100	30	0.622	0.91628	2.783	158.61
206+Zr	T7	150	200	100	30	0.601	0.91628	2.783	153.26
206+Zr	T7	150	200	100	30	0.606	0.91676	2.782	154.56
206+Zr	T7	150	200	100	30	0.613	0.91676	2.783	156.40
206+Zr	T7	150	200	100	30				
206+Zr	T7	150	200	150	30	0.616	0.9362	2.774	159.98
206+Zr	T7	150	200	150	30	0.615	0.9384	2.773	160.03
206+Zr	T7	150	200	150	30	0.614	0.9388	2.773	159.84
206+Zr	T7	150	200	150	30	0.629	0.9388	2.773	163.75
206+Zr	T7	150	200	150	30	0.634	0.9388	2.773	165.05
206+Zr	T7	150	200	200	30	0.623	0.9574	2.763	164.80
206+Zr	T7	150	200	200	30	0.62	0.9602	2.762	164.43
206+Zr	T7	150	200	200	30	0.621	0.9602	2.762	164.69
206+Zr	T7	150	200	200	30	0.604	0.9602	2.762	160.19
206+Zr	T7	150	200	200	30	0.606	0.9606	2.762	160.78
206+Zr	T7	150	200	250	30	0.632	0.97848	2.752	170.18
206+Zr	T7	150	200	250	30	0.61	0.9798	2.752	164.48
206+Zr	T7	150	200	250	30	0.626	0.98052	2.751	168.86
206+Zr	T7	150	200	250	30	0.628	0.98088	2.751	169.46
206+Zr	T7	150	200	250	30	0.598	0.98088	2.751	161.36
206+Zr	T7	150	200	300	30	0.611	1.00036	2.74	167.47
206+Zr	T7	150	200	300	30	0.653	1	2.74	178.92
206+Zr	T7	150	200	300	30	0.633	1	2.74	173.44
206+Zr	T7	150	200	300	30	0.621	1.00072	2.74	170.28
206+Zr	T7	150	200	300	30	0.604	1.00036	2.74	165.56
206+Zr	T7	150	200	25	50	0.605	0.8784	2.797	148.64
206+Zr	T7	150	200	25	50	0.574	0.8784	2.797	141.03
206+Zr	T7	150	200	25	50	0.641	0.8784	2.797	157.49
206+Zr	T7	150	200	25	50	0.624	0.8784	2.797	153.31
206+Zr	T7	150	200	25	50	0.575	0.8784	2.797	141.27

Tabla B5 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación 206+Zr

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
206+Zr	T7	150	200	50	50	0.628	0.8906	2.793	156.21
206+Zr	T7	150	200	50	50	0.599	0.8918	2.792	149.15
206+Zr	T7	150	200	50	50	0.605	0.8918	2.792	150.64
206+Zr	T7	150	200	50	50	0.631	0.8924	2.792	157.22
206+Zr	T7	150	200	50	50				
206+Zr	T7	150	200	100	50	0.619	0.91492	2.783	157.61
206+Zr	T7	150	200	100	50	0.601	0.91628	2.783	153.26
206+Zr	T7	150	200	100	50	0.621	0.91676	2.782	158.38
206+Zr	T7	150	200	100	50	0.595	0.91676	2.782	151.75
206+Zr	T7	150	200	100	50	0.612	0.91724	2.782	156.17
206+Zr	T7	150	200	150	50	0.61	0.9384	2.773	158.73
206+Zr	T7	150	200	150	50	0.602	0.9392	2.772	156.73
206+Zr	T7	150	200	150	50	0.611	0.9396	2.772	159.14
206+Zr	T7	150	200	150	50	0.616	0.9396	2.772	160.44
206+Zr	T7	150	200	150	50	0.634	0.94	2.772	165.20
206+Zr	T7	150	200	200	50	0.622	0.9606	2.762	165.03
206+Zr	T7	150	200	200	50	0.628	0.9606	2.762	166.62
206+Zr	T7	150	200	200	50	0.622	0.9606	2.762	165.03
206+Zr	T7	150	200	200	50	0.609	0.961	2.761	161.59
206+Zr	T7	150	200	200	50	0.619	0.961	2.762	164.30
206+Zr	T7	150	200	250	50	0.637	0.98052	2.751	171.83
206+Zr	T7	150	200	250	50	0.628	0.98088	2.751	169.46
206+Zr	T7	150	200	250	50	0.622	0.98088	2.751	167.84
206+Zr	T7	150	200	250	50	0.62	0.98088	2.751	167.30
206+Zr	T7	150	200	250	50	0.607	0.98124	2.751	163.85
206+Zr	T7	150	200	300	50	0.661	1.00036	2.74	181.18
206+Zr	T7	150	200	300	50	0.653	1.00036	2.74	178.99
206+Zr	T7	150	200	300	50	0.625	1.00072	2.74	171.37
206+Zr	T7	150	200	300	50	0.63	1.00072	2.74	172.74
206+Zr	T7	150	200	300	50	0.649	1.00072	2.74	177.95
206+Zr	T7	200	200	25	20	0.645	0.8784	2.797	158.47
206+Zr	T7	200	200	25	20	0.605	0.8784	2.797	148.64
206+Zr	T7	200	200	25	20	0.65	0.8784	2.797	159.70
206+Zr	T7	200	200	25	20	0.655	0.8784	2.797	160.93
206+Zr	T7	200	200	25	20				
206+Zr	T7	200	200	50	20	0.625	0.8874	2.794	154.96
206+Zr	T7	200	200	50	20	0.661	0.89	2.793	164.31
206+Zr	T7	200	200	50	20	0.64	0.8912	2.792	159.25
206+Zr	T7	200	200	50	20	0.643	0.8918	2.792	160.10
206+Zr	T7	200	200	50	20	0.627	0.8924	2.792	156.22
206+Zr	T7	200	200	100	20	0.638	0.91628	2.783	162.69
206+Zr	T7	200	200	100	20	0.61	0.91676	2.783	155.63
206+Zr	T7	200	200	100	20	0.627	0.91724	2.782	160.00
206+Zr	T7	200	200	100	20	0.648	0.91772	2.782	165.44
206+Zr	T7	200	200	100	20				
206+Zr	T7	200	200	150	20	0.641	0.93664	2.774	166.55
206+Zr	T7	200	200	150	20	0.642	0.9392	2.772	167.14
206+Zr	T7	200	200	150	20	0.633	0.9392	2.773	164.86
206+Zr	T7	200	200	150	20	0.644	0.9396	2.772	167.73
206+Zr	T7	200	200	150	20	0.653	0.9396	2.772	170.08
206+Zr	T7	200	200	200	20	0.636	0.9582	2.763	168.38
206+Zr	T7	200	200	200	20	0.645	0.9598	2.762	170.99
206+Zr	T7	200	200	200	20	0.642	0.9602	2.762	170.26
206+Zr	T7	200	200	200	20	0.624	0.9606	2.762	165.56
206+Zr	T7	200	200	200	20	0.636	0.9606	2.762	168.74
206+Zr	T7	200	200	250	20	0.647	0.97804	2.753	174.21
206+Zr	T7	200	200	250	20	0.637	0.98016	2.751	171.76
206+Zr	T7	200	200	250	20	0.639	0.98052	2.751	172.36
206+Zr	T7	200	200	250	20	0.649	0.98052	2.751	175.06
206+Zr	T7	200	200	250	20	0.625	0.98088	2.751	168.65

Tabla B6. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación 206+Zr

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
206+Zr	T7	200	200	300	20	0.662	1.00072	2.74	181.52
206+Zr	T7	200	200	300	20	0.657	1.00072	2.74	180.15
206+Zr	T7	200	200	300	20	0.628	1.00072	2.74	172.20
206+Zr	T7	200	200	300	20	0.643	1.00072	2.74	176.31
206+Zr	T7	200	200	300	20	0.65	1.00072	2.74	178.23
206+Zr	T7	200	200	25	30	0.609	0.8784	2.797	149.62
206+Zr	T7	200	200	25	30	0.656	0.8784	2.797	161.17
206+Zr	T7	200	200	25	30	0.65	0.8784	2.797	159.70
206+Zr	T7	200	200	25	30	0.653	0.8784	2.797	160.43
206+Zr	T7	200	200	25	30	0.653	0.8784	2.797	160.43
206+Zr	T7	200	200	50	30	0.656	0.88792	2.794	162.74
206+Zr	T7	200	200	50	30	0.659	0.8912	2.792	163.97
206+Zr	T7	200	200	50	30	0.649	0.8912	2.792	161.49
206+Zr	T7	200	200	50	30	0.631	0.8918	2.792	157.11
206+Zr	T7	200	200	50	30				
206+Zr	T7	200	200	100	30	0.643	0.91404	2.784	163.62
206+Zr	T7	200	200	100	30	0.636	0.91536	2.783	162.02
206+Zr	T7	200	200	100	30	0.649	0.9158	2.783	165.41
206+Zr	T7	200	200	100	30	0.638	0.91628	2.783	162.69
206+Zr	T7	200	200	100	30	0.643	0.91724	2.782	164.08
206+Zr	T7	200	200	150	30	0.637	0.93752	2.773	165.60
206+Zr	T7	200	200	150	30	0.624	0.9384	2.773	162.38
206+Zr	T7	200	200	150	30	0.646	0.9384	2.773	168.10
206+Zr	T7	200	200	150	30	0.674	0.9388	2.773	175.46
206+Zr	T7	200	200	150	30	0.646	0.9396	2.772	168.26
206+Zr	T7	200	200	200	30	0.634	0.959	2.763	167.99
206+Zr	T7	200	200	200	30	0.644	0.9594	2.762	170.65
206+Zr	T7	200	200	200	30	0.655	0.9594	2.762	173.57
206+Zr	T7	200	200	200	30	0.675	0.9594	2.762	178.87
206+Zr	T7	200	200	200	30	0.659	0.9598	2.762	174.70
206+Zr	T7	200	200	250	30	0.654	0.97892	2.752	176.19
206+Zr	T7	200	200	250	30	0.637	0.9798	2.752	171.76
206+Zr	T7	200	200	250	30	0.657	0.98016	2.752	177.22
206+Zr	T7	200	200	250	30	0.656	0.98016	2.752	176.95
206+Zr	T7	200	200	250	30	0.653	0.98016	2.751	176.08
206+Zr	T7	200	200	300	30	0.667	0.99956	2.741	182.74
206+Zr	T7	200	200	300	30	0.681	0.99956	2.741	186.58
206+Zr	T7	200	200	300	30	0.682	1	2.741	186.94
206+Zr	T7	200	200	300	30	0.669	1	2.741	183.37
206+Zr	T7	200	200	300	30	0.675	1	2.741	185.02
206+Zr	T7	200	200	25	50	0.66	0.8784	2.797	162.15
206+Zr	T7	200	200	25	50	0.593	0.8784	2.797	145.69
206+Zr	T7	200	200	25	50	0.607	0.8784	2.797	149.13
206+Zr	T7	200	200	25	50	0.587	0.8784	2.797	144.22
206+Zr	T7	200	200	25	50	0.634	0.8784	2.797	155.77
206+Zr	T7	200	200	50	50	0.642	0.88948	2.793	159.49
206+Zr	T7	200	200	50	50	0.643	0.8912	2.792	159.99
206+Zr	T7	200	200	50	50	0.614	0.8918	2.792	152.88
206+Zr	T7	200	200	50	50	0.62	0.8924	2.792	154.48
206+Zr	T7	200	200	50	50	0.642	0.893	2.792	160.07
206+Zr	T7	200	200	100	50	0.614	0.91676	2.782	156.60
206+Zr	T7	200	200	100	50	0.645	0.91676	2.783	164.56
206+Zr	T7	200	200	100	50	0.618	0.91724	2.782	157.70
206+Zr	T7	200	200	100	50	0.625	0.91724	2.782	159.49
206+Zr	T7	200	200	100	50	0.611	0.9182	2.782	156.08
206+Zr	T7	200	200	150	50	0.649	0.9396	2.772	169.04
206+Zr	T7	200	200	150	50	0.627	0.94	2.772	163.38
206+Zr	T7	200	200	150	50	0.623	0.94	2.772	162.33
206+Zr	T7	200	200	150	50	0.643	0.94	2.772	167.55
206+Zr	T7	200	200	150	50	0.652	0.94	2.772	169.89

Tabla B7 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación 206+Zr

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm2/s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm3)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
206+Zr	T7	200	200	200	50	0.64	0.9606	2.762	169.80
206+Zr	T7	200	200	200	50	0.652	0.961	2.762	173.06
206+Zr	T7	200	200	200	50	0.628	0.961	2.762	166.69
206+Zr	T7	200	200	200	50	0.638	0.961	2.761	169.28
206+Zr	T7	200	200	200	50	0.576	0.961	2.762	152.89
206+Zr	T7	200	200	250	50	0.65	0.98088	2.751	175.40
206+Zr	T7	200	200	250	50	0.646	0.98124	2.751	174.38
206+Zr	T7	200	200	250	50	0.594	0.98124	2.751	160.34
206+Zr	T7	200	200	250	50	0.624	0.98124	2.751	168.44
206+Zr	T7	200	200	250	50	0.63	0.98124	2.751	170.06
206+Zr	T7	200	200	300	50	0.651	1.00144	2.74	178.63
206+Zr	T7	200	200	300	50	0.647	1.00108	2.74	177.47
206+Zr	T7	200	200	300	50	0.626	1.00108	2.74	171.71
206+Zr	T7	200	200	300	50	0.659	1.00108	2.74	180.76
206+Zr	T7	200	200	300	50	0.66	1.00144	2.74	181.10
206+Zr	T7	250	200	25	20	0.651	0.8784	2.797	159.94
206+Zr	T7	250	200	25	20	0.631	0.8784	2.797	155.03
206+Zr	T7	250	200	25	20	0.632	0.8784	2.797	155.28
206+Zr	T7	250	200	25	20	0.663	0.8784	2.797	162.89
206+Zr	T7	250	200	25	20	0.651	0.8784	2.797	159.94
206+Zr	T7	250	200	50	20	0.635	0.88896	2.793	157.66
206+Zr	T7	250	200	50	20	0.643	0.8912	2.792	159.99
206+Zr	T7	250	200	50	20	0.623	0.8918	2.792	155.12
206+Zr	T7	250	200	50	20	0.641	0.8924	2.792	159.71
206+Zr	T7	250	200	50	20	0.643	0.8924	2.792	160.21
206+Zr	T7	250	200	100	20	0.656	0.91404	2.784	166.93
206+Zr	T7	250	200	100	20	0.652	0.91676	2.782	166.29
206+Zr	T7	250	200	100	20	0.635	0.91676	2.782	161.95
206+Zr	T7	250	200	100	20	0.65	0.91676	2.782	165.78
206+Zr	T7	250	200	100	20	0.645	0.91772	2.782	164.67
206+Zr	T7	250	200	150	20	0.647	0.93664	2.774	168.11
206+Zr	T7	250	200	150	20	0.631	0.9396	2.772	164.35
206+Zr	T7	250	200	150	20	0.64	0.9396	2.772	166.69
206+Zr	T7	250	200	150	20	0.651	0.9396	2.772	169.56
206+Zr	T7	250	200	150	20	0.638	0.94	2.772	166.24
206+Zr	T7	250	200	200	20	0.663	0.9586	2.763	175.60
206+Zr	T7	250	200	200	20	0.645	0.9606	2.762	171.13
206+Zr	T7	250	200	200	20	0.618	0.9606	2.762	163.97
206+Zr	T7	250	200	200	20	0.64	0.9606	2.762	169.80
206+Zr	T7	250	200	200	20	0.637	0.961	2.762	169.08
206+Zr	T7	250	200	250	20	0.641	0.98124	2.751	173.03
206+Zr	T7	250	200	250	20	0.617	0.98124	2.751	166.55
206+Zr	T7	250	200	250	20	0.616	0.98124	2.751	166.28
206+Zr	T7	250	200	250	20	0.612	0.98124	2.751	165.20
206+Zr	T7	250	200	250	20	0.637	0.9816	2.751	172.01
206+Zr	T7	250	200	300	20	0.632	1	2.741	173.23
206+Zr	T7	250	200	300	20	0.629	1.00144	2.74	172.59
206+Zr	T7	250	200	300	20	0.617	1.00144	2.74	169.30
206+Zr	T7	250	200	300	20	0.654	1.00144	2.74	179.45
206+Zr	T7	250	200	300	20	0.647	1.0018	2.74	177.60
206+Zr	T7	250	200	25	30	0.645	0.8784	2.797	158.47
206+Zr	T7	250	200	25	30	0.599	0.8784	2.797	147.17
206+Zr	T7	250	200	25	30	0.66	0.8784	2.797	162.15
206+Zr	T7	250	200	25	30	0.646	0.8784	2.797	158.71
206+Zr	T7	250	200	25	30	0.63	0.8784	2.797	154.78
206+Zr	T7	250	200	50	30	0.659	0.88844	2.793	163.53
206+Zr	T7	250	200	50	30	0.663	0.8906	2.792	164.86
206+Zr	T7	250	200	50	30	0.634	0.8912	2.792	157.75
206+Zr	T7	250	200	50	30	0.666	0.8912	2.792	165.72
206+Zr	T7	250	200	50	30	0.672	0.8918	2.792	167.32

Tabla B8. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación 206+Zr

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
206+Zr	T7	250	200	100	30	0.658	0.9136	2.784	167.36
206+Zr	T7	250	200	100	30	0.651	0.9158	2.783	165.92
206+Zr	T7	250	200	100	30	0.643	0.9158	2.783	163.88
206+Zr	T7	250	200	100	30	0.647	0.91628	2.783	164.99
206+Zr	T7	250	200	100	30	0.647	0.91628	2.783	164.99
206+Zr	T7	250	200	150	30	0.663	0.9362	2.774	172.18
206+Zr	T7	250	200	150	30	0.652	0.9384	2.773	169.66
206+Zr	T7	250	200	150	30	0.657	0.9384	2.773	170.96
206+Zr	T7	250	200	150	30	0.668	0.9388	2.773	173.90
206+Zr	T7	250	200	150	30	0.656	0.9392	2.773	170.85
206+Zr	T7	250	200	200	30	0.656	0.9578	2.763	173.60
206+Zr	T7	250	200	200	30	0.638	0.9594	2.762	169.06
206+Zr	T7	250	200	200	30	0.66	0.9594	2.762	174.89
206+Zr	T7	250	200	200	30	0.654	0.9602	2.762	173.45
206+Zr	T7	250	200	200	30	0.648	0.9602	2.762	171.85
206+Zr	T7	250	200	250	30	0.6	0.9798	2.752	161.78
206+Zr	T7	250	200	250	30	0.614	0.98088	2.751	165.68
206+Zr	T7	250	200	250	30	0.644	0.98088	2.751	173.78
206+Zr	T7	250	200	250	30	0.626	0.98088	2.751	168.92
206+Zr	T7	250	200	250	30	0.613	0.98088	2.751	165.41
206+Zr	T7	250	200	300	30	0.658	0.99868	2.741	180.12
206+Zr	T7	250	200	300	30	0.615	1	2.74	168.51
206+Zr	T7	250	200	300	30	0.623	1.00108	2.74	170.89
206+Zr	T7	250	200	300	30	0.585	1.00108	2.74	160.46
206+Zr	T7	250	200	300	30	0.612	1.00108	2.74	167.87
206+Zr	T7	250	200	25	50	0.682	0.8784	2.797	167.56
206+Zr	T7	250	200	25	50	0.677	0.8784	2.797	166.33
206+Zr	T7	250	200	25	50	0.625	0.8784	2.797	153.56
206+Zr	T7	250	200	25	50	0.671	0.8784	2.797	164.86
206+Zr	T7	250	200	25	50	0.675	0.8784	2.797	165.84
206+Zr	T7	250	200	50	50	0.666	0.89	2.793	165.55
206+Zr	T7	250	200	50	50	0.664	0.8912	2.792	165.22
206+Zr	T7	250	200	50	50	0.641	0.8912	2.792	159.50
206+Zr	T7	250	200	50	50	0.669	0.8918	2.792	166.57
206+Zr	T7	250	200	50	50	0.64	0.8924	2.792	159.46
206+Zr	T7	250	200	100	50	0.669	0.91492	2.783	170.34
206+Zr	T7	250	200	100	50	0.673	0.91676	2.783	171.71
206+Zr	T7	250	200	100	50	0.644	0.91676	2.783	164.31
206+Zr	T7	250	200	100	50	0.659	0.91724	2.782	168.16
206+Zr	T7	250	200	100	50	0.657	0.9182	2.782	167.83
206+Zr	T7	250	200	150	50	0.649	0.9392	2.772	168.96
206+Zr	T7	250	200	150	50	0.647	0.9392	2.772	168.44
206+Zr	T7	250	200	150	50	0.663	0.9392	2.773	172.67
206+Zr	T7	250	200	150	50	0.663	0.9392	2.773	172.67
206+Zr	T7	250	200	150	50	0.65	0.9396	2.772	169.30
206+Zr	T7	250	200	200	50	0.66	0.9586	2.763	174.81
206+Zr	T7	250	200	200	50	0.67	0.9602	2.762	177.69
206+Zr	T7	250	200	200	50	0.68	0.9606	2.762	180.42
206+Zr	T7	250	200	200	50	0.652	0.9606	2.762	172.99
206+Zr	T7	250	200	200	50	0.63	0.9614	2.761	167.23
206+Zr	T7	250	200	250	50	0.605	0.98052	2.751	163.19
206+Zr	T7	250	200	250	50	0.677	0.98052	2.751	182.61
206+Zr	T7	250	200	250	50	0.666	0.98088	2.751	179.71
206+Zr	T7	250	200	250	50	0.653	0.98088	2.751	176.21
206+Zr	T7	250	200	250	50	0.633	0.98124	2.751	170.87
206+Zr	T7	250	200	300	50	0.626	1.00072	2.74	171.65
206+Zr	T7	250	200	300	50	0.646	1.00072	2.74	177.13
206+Zr	T7	250	200	300	50	0.64	1.00108	2.74	175.55
206+Zr	T7	250	200	300	50	0.67	1.00108	2.74	183.78
206+Zr	T7	250	200	300	50	0.627	1.00108	2.74	171.98

Tabla B9 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación 206+Zr

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
206+Zr	T7	300	200	25	20	0.643	0.878	2.797	157.94
206+Zr	T7	300	200	25	20	0.663	0.878	2.797	162.83
206+Zr	T7	300	200	25	20	0.711	0.878	2.797	174.57
206+Zr	T7	300	200	25	20	0.724	0.878	2.797	177.84
206+Zr	T7	300	200	25	20	0.666	0.878	2.797	163.53
206+Zr	T7	300	200	50	20	0.68	0.889	2.793	168.83
206+Zr	T7	300	200	50	20	0.681	0.891	2.792	169.53
206+Zr	T7	300	200	50	20	0.695	0.892	2.792	173.01
206+Zr	T7	300	200	50	20	0.679	0.893	2.792	169.32
206+Zr	T7	300	200	50	20				
206+Zr	T7	300	200	100	20	0.676	0.914	2.784	171.96
206+Zr	T7	300	200	100	20	0.692	0.918	2.782	176.77
206+Zr	T7	300	200	100	20	0.674	0.917	2.782	172.03
206+Zr	T7	300	200	100	20	0.68	0.918	2.782	173.77
206+Zr	T7	300	200	100	20	0.651	0.918	2.782	166.26
206+Zr	T7	300	200	150	20	0.688	0.937	2.774	178.93
206+Zr	T7	300	200	150	20	0.691	0.94	2.772	180.17
206+Zr	T7	300	200	150	20	0.682	0.94	2.772	177.77
206+Zr	T7	300	200	150	20	0.683	0.94	2.772	177.92
206+Zr	T7	300	200	150	20	0.682	0.94	2.772	177.69
206+Zr	T7	300	200	200	20	0.684	0.958	2.763	181.00
206+Zr	T7	300	200	200	20	0.684	0.961	2.762	181.51
206+Zr	T7	300	200	200	20	0.676	0.961	2.762	179.36
206+Zr	T7	300	200	200	20	0.663	0.961	2.761	175.96
206+Zr	T7	300	200	200	20	0.699	0.961	2.761	185.45
206+Zr	T7	300	200	250	20	0.68	0.979	2.752	183.12
206+Zr	T7	300	200	250	20	0.686	0.982	2.751	185.19
206+Zr	T7	300	200	250	20	0.674	0.982	2.751	182.08
206+Zr	T7	300	200	250	20	0.671	0.982	2.751	181.37
206+Zr	T7	300	200	250	20	0.671	0.981	2.751	180.98
206+Zr	T7	300	200	300	20	0.66	0.999	2.741	180.68
206+Zr	T7	300	200	300	20	0.662	1.001	2.74	181.61
206+Zr	T7	300	200	300	20	0.662	1.002	2.74	181.70
206+Zr	T7	300	200	300	20	0.659	1.002	2.74	180.83
206+Zr	T7	300	200	300	20	0.646	1.001	2.74	177.22
206+Zr	T7	300	200	25	30	0.624	0.878	2.797	153.22
206+Zr	T7	300	200	25	30	0.653	0.878	2.797	160.31
206+Zr	T7	300	200	25	30	0.655	0.878	2.797	160.74
206+Zr	T7	300	200	25	30	0.65	0.878	2.797	159.66
206+Zr	T7	300	200	25	30	0.697	0.878	2.797	171.16
206+Zr	T7	300	200	50	30	0.669	0.888	2.794	165.87
206+Zr	T7	300	200	50	30	0.634	0.889	2.793	157.49
206+Zr	T7	300	200	50	30	0.68	0.892	2.792	169.24
206+Zr	T7	300	200	50	30	0.655	0.892	2.792	163.22
206+Zr	T7	300	200	50	30	0.651	0.892	2.792	162.23
206+Zr	T7	300	200	100	30	0.658	0.914	2.784	167.31
206+Zr	T7	300	200	100	30	0.662	0.916	2.783	168.75
206+Zr	T7	300	200	100	30	0.652	0.917	2.782	166.35
206+Zr	T7	300	200	100	30	0.674	0.917	2.783	171.96
206+Zr	T7	300	200	100	30	0.66	0.917	2.782	168.49
206+Zr	T7	300	200	150	30	0.655	0.936	2.774	169.99
206+Zr	T7	300	200	150	30	0.65	0.938	2.773	169.19
206+Zr	T7	300	200	150	30	0.659	0.94	2.772	171.62
206+Zr	T7	300	200	150	30	0.656	0.94	2.772	170.86
206+Zr	T7	300	200	150	30	0.63	0.94	2.772	164.19
206+Zr	T7	300	200	200	30	0.65	0.959	2.763	172.29
206+Zr	T7	300	200	200	30	0.671	0.96	2.762	177.97
206+Zr	T7	300	200	200	30	0.66	0.961	2.762	175.30
206+Zr	T7	300	200	200	30	0.659	0.96	2.762	174.76
206+Zr	T7	300	200	200	30	0.669	0.961	2.762	177.57

Tabla B10 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación 206+Zr

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
206+Zr	T7	300	200	250	30	0.658	0.978	2.753	177.06
206+Zr	T7	300	200	250	30	0.67	0.98	2.752	180.73
206+Zr	T7	300	200	250	30	0.643	0.981	2.751	173.63
206+Zr	T7	300	200	250	30	0.661	0.981	2.751	178.27
206+Zr	T7	300	200	250	30	0.65	0.981	2.751	175.37
206+Zr	T7	300	200	300	30	0.622	1	2.741	170.52
206+Zr	T7	300	200	300	30	0.635	1	2.74	174.07
206+Zr	T7	300	200	300	30	0.622	1.001	2.74	170.50
206+Zr	T7	300	200	300	30	0.625	1.001	2.74	171.41
206+Zr	T7	300	200	300	30	0.607	1.001	2.74	166.52
206+Zr	T7	300	200	25	50	0.663	0.878	2.797	162.70
206+Zr	T7	300	200	25	50	0.634	0.878	2.797	155.64
206+Zr	T7	300	200	25	50	0.644	0.878	2.797	158.20
206+Zr	T7	300	200	25	50	0.647	0.878	2.797	158.90
206+Zr	T7	300	200	25	50	0.655	0.878	2.797	160.86
206+Zr	T7	300	200	50	50	0.651	0.888	2.794	161.62
206+Zr	T7	300	200	50	50	0.653	0.89	2.793	162.37
206+Zr	T7	300	200	50	50	0.652	0.892	2.792	162.45
206+Zr	T7	300	200	50	50	0.621	0.892	2.792	154.78
206+Zr	T7	300	200	50	50	0.669	0.892	2.792	166.60
206+Zr	T7	300	200	100	50	0.669	0.915	2.783	170.26
206+Zr	T7	300	200	100	50	0.648	0.917	2.782	165.34
206+Zr	T7	300	200	100	50	0.633	0.917	2.783	161.53
206+Zr	T7	300	200	100	50	0.648	0.917	2.783	165.26
206+Zr	T7	300	200	100	50	0.663	0.918	2.782	169.24
206+Zr	T7	300	200	150	50	0.653	0.938	2.773	169.92
206+Zr	T7	300	200	150	50	0.642	0.94	2.772	167.29
206+Zr	T7	300	200	150	50	0.642	0.94	2.772	167.31
206+Zr	T7	300	200	150	50	0.635	0.94	2.772	165.42
206+Zr	T7	300	200	150	50	0.653	0.94	2.772	170.18
206+Zr	T7	300	200	200	50	0.665	0.961	2.762	176.60
206+Zr	T7	300	200	200	50	0.647	0.961	2.762	171.73
206+Zr	T7	300	200	200	50	0.665	0.961	2.762	176.38
206+Zr	T7	300	200	200	50	0.656	0.961	2.761	174.14
206+Zr	T7	300	200	200	50	0.654	0.961	2.762	173.63
206+Zr	T7	300	200	250	50	0.659	0.98	2.752	177.63
206+Zr	T7	300	200	250	50	0.64	0.981	2.751	172.63
206+Zr	T7	300	200	250	50	0.624	0.981	2.751	168.31
206+Zr	T7	300	200	250	50	0.646	0.982	2.751	174.56
206+Zr	T7	300	200	250	50	0.632	0.982	2.751	170.80
206+Zr	T7	300	200	300	50	0.645	1.001	2.74	176.85
206+Zr	T7	300	200	300	50	0.619	1.001	2.74	169.91
206+Zr	T7	300	200	300	50	0.609	1.001	2.74	167.09
206+Zr	T7	300	200	300	50	0.623	1.001	2.74	170.84
206+Zr	T7	300	200	300	50	0.63	1.001	2.74	172.89

Aleación	TT	Vel. De Temple (°C/min)	Vel. de Solid.	25°C				150°C				200°C				250°C				300°C			
				YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)	YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)	YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)	YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)	YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)
AlCu5XX	T7	200	Alta	171	308	7.4	7.8	176	261	15.4	15.7	132	183	15.1	15.2	114	162	8.6	8.7	98	131	18.6	18.7
AlCu5XX	T7	200	Alta	148	317	8.5	9.0	183	257	8.7	9.0	139	194	10.0	10.2	112	158	7.0	7.1	91	129	14.6	14.6
AlCu5XX	T7	200	Alta	165	302	6.5	7.0	157	249	14.6	14.8	138	193	17.1	17.2	112	161	10.9	10.9	99	132	7.8	7.8
AlCu5XX	T7	200	Alta	-	-	-	-	156	248	7.8	8.1	133	187	23.3	23.4	113	158	7.3	7.4	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	200	Media	142	263	2.6	3.0	155	245	6.1	6.4	-	-	-	-	113	160	17.9	17.9	96	133	6.0	6.1
AlCu5XX	T7	200	Media	133	305	5.3	5.7	169	247	8.4	8.7	136	190	14.7	14.9	115	157	14.5	14.7	97	129	13.9	13.9
AlCu5XX	T7	200	Media	139	272	4.2	4.6	167	244	7.2	7.5	135	188	7.7	7.9	114	157	19.2	19.3	91	125	6.0	6.2
AlCu5XX	T7	200	Media	150	290	5.3	5.7	167	241	7.1	7.4	125	178	15.2	15.4	114	164	9.4	9.5	96	129	10.3	10.3
AlCu5XX	T7	200	Media	154	289	3.8	4.2	165	241	7.5	7.8	136	196	5.6	5.8	114	153	4.7	4.8	92	130	11.3	11.4
AlCu5XX	T7	200	Media	138	303	6.3	6.7	168	245	7.5	7.8	130	186	14.7	15.0	112	155	13.1	13.2	102	135	8.0	8.1
AlCu5XX	T7	200	Baja	160	229	1.7	2.1	176	217	1.4	1.7	137	187	4.4	4.7	118	155	5.9	6.2	103	127	14.8	15.1
AlCu5XX	T7	200	Baja	163	243	2.3	2.6	173	233	3.2	3.5	130	179	6.7	7.0	116	152	12.2	12.5	105	133	7.7	8.1
AlCu5XX	T7	200	Baja	160	242	2.3	2.7	169	233	3.4	3.7	128	177	8.2	8.4	113	148	9.3	9.6	106	133	4.9	5.2
AlCu5XX	T7	200	Baja	167	220	1.3	1.6	178	230	2.0	2.3	135	183	4.5	4.8	118	154	4.7	4.9	106	133	5.9	6.4

TT	Tratamiento Térmico	PE	Elongación plastica
YS	Esfuerzo de Cedencia	TE	Elongación total
UTS	Esfuerzo último a la tensión	(*)	No presente Cedencia al 0.2%

Tabla C2. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu5XX

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu5XX	T7	25	200	25	20	0.617	0.875	2.807	151.61
AlCu5XX	T7	25	200	25	20	0.593	0.875	2.807	145.71
AlCu5XX	T7	25	200	25	20	0.559	0.875	2.807	137.36
AlCu5XX	T7	25	200	25	20	0.635	0.875	2.807	156.04
AlCu5XX	T7	25	200	25	20	0.558	0.875	2.807	137.11
AlCu5XX	T7	25	200	50	20	0.611	0.885	2.803	151.56
AlCu5XX	T7	25	200	50	20	0.594	0.887	2.803	147.62
AlCu5XX	T7	25	200	50	20	0.609	0.888	2.802	151.49
AlCu5XX	T7	25	200	50	20	0.598	0.889	2.802	148.94
AlCu5XX	T7	25	200	50	20	0.618	0.889	2.802	154.02
AlCu5XX	T7	25	200	100	20	0.627	0.914	2.792	159.96
AlCu5XX	T7	25	200	100	20	0.605	0.914	2.792	154.43
AlCu5XX	T7	25	200	100	20	0.637	0.914	2.792	162.60
AlCu5XX	T7	25	200	100	20	0.63	0.915	2.792	160.90
AlCu5XX	T7	25	200	100	20	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	25	200	150	20	0.623	0.934	2.784	161.93
AlCu5XX	T7	25	200	150	20	0.636	0.937	2.782	165.72
AlCu5XX	T7	25	200	150	20	0.622	0.937	2.782	162.07
AlCu5XX	T7	25	200	150	20	0.636	0.937	2.782	165.72
AlCu5XX	T7	25	200	150	20	0.628	0.937	2.782	163.70
AlCu5XX	T7	25	200	200	20	0.642	0.955	2.773	169.95
AlCu5XX	T7	25	200	200	20	0.629	0.957	2.772	166.88
AlCu5XX	T7	25	200	200	20	0.614	0.958	2.771	162.97
AlCu5XX	T7	25	200	200	20	0.637	0.958	2.771	169.07
AlCu5XX	T7	25	200	200	20	0.645	0.958	2.771	171.26
AlCu5XX	T7	25	200	250	20	0.653	0.975	2.762	175.82
AlCu5XX	T7	25	200	250	20	0.645	0.978	2.761	174.13
AlCu5XX	T7	25	200	250	20	0.605	0.978	2.76	163.34
AlCu5XX	T7	25	200	250	20	0.639	0.978	2.76	172.52
AlCu5XX	T7	25	200	250	20	0.644	0.979	2.76	173.94
AlCu5XX	T7	25	200	300	20	0.622	0.995	2.751	170.26
AlCu5XX	T7	25	200	300	20	0.625	0.998	2.75	171.52
AlCu5XX	T7	25	200	300	20	0.675	0.998	2.749	185.25
AlCu5XX	T7	25	200	300	20	0.634	0.998	2.749	174.00
AlCu5XX	T7	25	200	300	20	0.627	0.998	2.749	172.08
AlCu5XX	T7	25	200	25	30	0.626	0.875	2.807	153.82
AlCu5XX	T7	25	200	25	30	0.652	0.875	2.807	160.21
AlCu5XX	T7	25	200	25	30	0.59	0.875	2.807	144.98
AlCu5XX	T7	25	200	25	30	0.606	0.875	2.807	148.91
AlCu5XX	T7	25	200	25	30	0.641	0.875	2.807	157.51
AlCu5XX	T7	25	200	50	30	0.612	0.884	2.803	151.71
AlCu5XX	T7	25	200	50	30	0.631	0.887	2.803	156.82
AlCu5XX	T7	25	200	50	30	0.619	0.888	2.802	153.98
AlCu5XX	T7	25	200	50	30	0.645	0.889	2.802	160.65
AlCu5XX	T7	25	200	50	30	0.572	0.889	2.802	142.55
AlCu5XX	T7	25	200	100	30	0.608	0.911	2.794	154.76
AlCu5XX	T7	25	200	100	30	0.59	0.912	2.793	150.35
AlCu5XX	T7	25	200	100	30	0.628	0.913	2.792	160.13
AlCu5XX	T7	25	200	100	30	0.623	0.913	2.793	158.91
AlCu5XX	T7	25	200	100	30	0.634	0.914	2.792	161.83
AlCu5XX	T7	25	200	150	30	0.643	0.933	2.784	167.05
AlCu5XX	T7	25	200	150	30	0.647	0.935	2.783	168.43

Tabla C3 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu5XX

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm2/s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm3)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu5XX	T7	25	200	150	30	0.639	0.936	2.783	166.42
AlCu5XX	T7	25	200	150	30	0.629	0.936	2.782	163.82
AlCu5XX	T7	25	200	150	30	0.625	0.937	2.782	162.85
AlCu5XX	T7	25	200	200	30	0.652	0.954	2.773	172.52
AlCu5XX	T7	25	200	200	30	0.659	0.957	2.772	174.78
AlCu5XX	T7	25	200	200	30	0.626	0.957	2.772	166.09
AlCu5XX	T7	25	200	200	30	0.614	0.957	2.772	162.90
AlCu5XX	T7	25	200	200	30	0.646	0.957	2.772	171.46
AlCu5XX	T7	25	200	250	30	0.653	0.975	2.762	175.90
AlCu5XX	T7	25	200	250	30	0.631	0.977	2.761	170.21
AlCu5XX	T7	25	200	250	30	0.608	0.977	2.761	164.07
AlCu5XX	T7	25	200	250	30	0.633	0.978	2.761	170.89
AlCu5XX	T7	25	200	250	30	0.646	0.978	2.761	174.40
AlCu5XX	T7	25	200	300	30	0.631	0.995	2.751	172.72
AlCu5XX	T7	25	200	300	30	0.628	0.997	2.75	172.11
AlCu5XX	T7	25	200	300	30	0.629	0.997	2.75	172.46
AlCu5XX	T7	25	200	300	30	0.596	0.997	2.75	163.49
AlCu5XX	T7	25	200	300	30	0.613	0.997	2.75	168.15
AlCu5XX	T7	25	200	25	50	0.649	0.875	2.807	159.48
AlCu5XX	T7	25	200	25	50	0.585	0.875	2.807	143.75
AlCu5XX	T7	25	200	25	50	0.597	0.875	2.807	146.70
AlCu5XX	T7	25	200	25	50	0.59	0.875	2.807	144.98
AlCu5XX	T7	25	200	25	50	0.625	0.875	2.807	153.58
AlCu5XX	T7	25	200	50	50	0.639	0.886	2.803	158.71
AlCu5XX	T7	25	200	50	50	0.617	0.887	2.802	153.38
AlCu5XX	T7	25	200	50	50	0.624	0.888	2.802	155.32
AlCu5XX	T7	25	200	50	50	0.637	0.889	2.802	158.75
AlCu5XX	T7	25	200	50	50	0.611	0.889	2.802	152.27
AlCu5XX	T7	25	200	100	50	0.646	0.913	2.793	164.78
AlCu5XX	T7	25	200	100	50	0.611	0.914	2.792	155.88
AlCu5XX	T7	25	200	100	50	0.618	0.914	2.792	157.67
AlCu5XX	T7	25	200	100	50	0.613	0.914	2.792	156.39
AlCu5XX	T7	25	200	100	50	0.615	0.914	2.792	156.98
AlCu5XX	T7	25	200	150	50	0.647	0.936	2.782	168.51
AlCu5XX	T7	25	200	150	50	0.649	0.937	2.782	169.10
AlCu5XX	T7	25	200	150	50	0.639	0.937	2.782	166.50
AlCu5XX	T7	25	200	150	50	0.63	0.937	2.782	164.15
AlCu5XX	T7	25	200	150	50	0.631	0.937	2.782	164.48
AlCu5XX	T7	25	200	200	50	0.649	0.957	2.772	172.12
AlCu5XX	T7	25	200	200	50	0.639	0.957	2.772	169.60
AlCu5XX	T7	25	200	200	50	0.637	0.958	2.771	169.07
AlCu5XX	T7	25	200	200	50	0.647	0.958	2.771	171.73
AlCu5XX	T7	25	200	200	50	0.635	0.958	2.771	168.54
AlCu5XX	T7	25	200	250	50	0.633	0.977	2.761	170.82
AlCu5XX	T7	25	200	250	50	0.636	0.978	2.76	171.71
AlCu5XX	T7	25	200	250	50	0.666	0.978	2.76	179.81
AlCu5XX	T7	25	200	250	50	0.664	0.978	2.761	179.33
AlCu5XX	T7	25	200	250	50	0.649	0.979	2.76	175.29
AlCu5XX	T7	25	200	300	50	0.629	0.997	2.75	172.54
AlCu5XX	T7	25	200	300	50	0.664	0.998	2.749	182.23
AlCu5XX	T7	25	200	300	50	0.636	0.998	2.749	174.55
AlCu5XX	T7	25	200	300	50	0.641	0.998	2.749	175.92

Tabla C4. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu5XX

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu5XX	T7	25	200	300	50	0.648	0.998	2.749	177.84
AlCu5XX	T7	150	200	25	20	0.627	0.875	2.807	154.07
AlCu5XX	T7	150	200	25	20	0.598	0.875	2.807	146.94
AlCu5XX	T7	150	200	25	20	0.606	0.875	2.807	148.91
AlCu5XX	T7	150	200	25	20	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	150	200	25	20	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	150	200	50	20	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	150	200	50	20	0.653	0.887	2.803	162.39
AlCu5XX	T7	150	200	50	20	0.651	0.889	2.802	162.14
AlCu5XX	T7	150	200	50	20	0.584	0.889	2.802	145.55
AlCu5XX	T7	150	200	50	20	0.638	0.89	2.802	159.10
AlCu5XX	T7	150	200	100	20	0.616	0.911	2.793	156.74
AlCu5XX	T7	150	200	100	20	0.624	0.914	2.792	159.28
AlCu5XX	T7	150	200	100	20	0.626	0.914	2.792	159.79
AlCu5XX	T7	150	200	100	20	0.634	0.915	2.792	161.92
AlCu5XX	T7	150	200	100	20	0.619	0.915	2.792	158.09
AlCu5XX	T7	150	200	150	20	0.611	0.937	2.782	159.20
AlCu5XX	T7	150	200	150	20	0.594	0.937	2.782	154.84
AlCu5XX	T7	150	200	150	20	0.611	0.937	2.782	159.27
AlCu5XX	T7	150	200	150	20	0.618	0.937	2.782	161.10
AlCu5XX	T7	150	200	150	20	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	150	200	200	20	0.638	0.955	2.773	168.89
AlCu5XX	T7	150	200	200	20	0.645	0.957	2.771	171.13
AlCu5XX	T7	150	200	200	20	0.637	0.958	2.771	169.07
AlCu5XX	T7	150	200	200	20	0.602	0.958	2.771	159.78
AlCu5XX	T7	150	200	200	20	0.623	0.958	2.771	165.36
AlCu5XX	T7	150	200	250	20	0.639	0.976	2.762	172.21
AlCu5XX	T7	150	200	250	20	0.641	0.978	2.76	173.06
AlCu5XX	T7	150	200	250	20	0.618	0.978	2.76	166.85
AlCu5XX	T7	150	200	250	20	0.674	0.978	2.76	181.97
AlCu5XX	T7	150	200	250	20	0.637	0.978	2.761	172.04
AlCu5XX	T7	150	200	300	20	0.656	0.996	2.751	179.71
AlCu5XX	T7	150	200	300	20	0.642	0.998	2.749	176.20
AlCu5XX	T7	150	200	300	20	0.64	0.998	2.749	175.65
AlCu5XX	T7	150	200	300	20	0.612	0.998	2.749	167.96
AlCu5XX	T7	150	200	300	20	0.651	0.998	2.749	178.67
AlCu5XX	T7	150	200	25	30	0.727	0.875	2.807	178.64
AlCu5XX	T7	150	200	25	30	0.66	0.875	2.807	162.18
AlCu5XX	T7	150	200	25	30	0.738	0.875	2.807	181.34
AlCu5XX	T7	150	200	25	30	0.7	0.875	2.807	172.01
AlCu5XX	T7	150	200	25	30	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	150	200	50	30	0.643	0.885	2.803	159.50
AlCu5XX	T7	150	200	50	30	0.578	0.887	2.803	143.74
AlCu5XX	T7	150	200	50	30	0.631	0.889	2.802	157.16
AlCu5XX	T7	150	200	50	30	0.641	0.889	2.802	159.65
AlCu5XX	T7	150	200	50	30	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	150	200	100	30	0.631	0.911	2.793	160.56
AlCu5XX	T7	150	200	100	30	0.648	0.913	2.792	165.23
AlCu5XX	T7	150	200	100	30	0.661	0.913	2.793	168.61
AlCu5XX	T7	150	200	100	30	0.64	0.914	2.792	163.28
AlCu5XX	T7	150	200	100	30	0.664	0.914	2.792	169.49
AlCu5XX	T7	150	200	150	30	0.644	0.936	2.782	167.73

Tabla C5 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu5XX

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu5XX	T7	150	200	150	30	0.633	0.936	2.782	164.87
AlCu5XX	T7	150	200	150	30	0.645	0.936	2.782	167.99
AlCu5XX	T7	150	200	150	30	0.619	0.937	2.782	161.29
AlCu5XX	T7	150	200	150	30	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	150	200	200	30	0.646	0.954	2.773	170.93
AlCu5XX	T7	150	200	200	30	0.661	0.957	2.772	175.37
AlCu5XX	T7	150	200	200	30	0.648	0.957	2.772	171.92
AlCu5XX	T7	150	200	200	30	0.633	0.957	2.772	168.01
AlCu5XX	T7	150	200	200	30	0.632	0.957	2.772	167.74
AlCu5XX	T7	150	200	250	30	0.662	0.975	2.762	178.32
AlCu5XX	T7	150	200	250	30	0.625	0.977	2.761	168.66
AlCu5XX	T7	150	200	250	30	0.68	0.977	2.761	183.50
AlCu5XX	T7	150	200	250	30	0.637	0.978	2.761	171.97
AlCu5XX	T7	150	200	250	30	0.654	0.978	2.761	176.56
AlCu5XX	T7	150	200	300	30	0.675	0.996	2.751	184.99
AlCu5XX	T7	150	200	300	30	0.634	0.997	2.75	173.83
AlCu5XX	T7	150	200	300	30	0.66	0.997	2.75	181.04
AlCu5XX	T7	150	200	300	30	0.691	0.997	2.75	189.55
AlCu5XX	T7	150	200	300	30	0.646	0.998	2.75	177.28
AlCu5XX	T7	150	200	25	50	0.557	0.875	2.807	136.87
AlCu5XX	T7	150	200	25	50	0.646	0.875	2.807	158.74
AlCu5XX	T7	150	200	25	50	0.52	0.875	2.807	127.78
AlCu5XX	T7	150	200	25	50	0.604	0.875	2.807	148.42
AlCu5XX	T7	150	200	25	50	0.684	0.875	2.807	168.08
AlCu5XX	T7	150	200	50	50	0.615	0.886	2.803	152.65
AlCu5XX	T7	150	200	50	50	0.584	0.888	2.802	145.27
AlCu5XX	T7	150	200	50	50	0.603	0.888	2.802	150.09
AlCu5XX	T7	150	200	50	50	0.623	0.889	2.802	155.17
AlCu5XX	T7	150	200	50	50	0.596	0.889	2.802	148.44
AlCu5XX	T7	150	200	100	50	0.625	0.913	2.793	159.42
AlCu5XX	T7	150	200	100	50	0.626	0.914	2.792	159.71
AlCu5XX	T7	150	200	100	50	0.602	0.914	2.792	153.58
AlCu5XX	T7	150	200	100	50	0.598	0.914	2.792	152.56
AlCu5XX	T7	150	200	100	50	0.594	0.915	2.792	151.70
AlCu5XX	T7	150	200	150	50	0.624	0.936	2.782	162.52
AlCu5XX	T7	150	200	150	50	0.603	0.936	2.782	157.05
AlCu5XX	T7	150	200	150	50	0.624	0.937	2.782	162.59
AlCu5XX	T7	150	200	150	50	0.606	0.937	2.782	157.90
AlCu5XX	T7	150	200	150	50	0.63	0.937	2.782	164.15
AlCu5XX	T7	150	200	200	50	0.611	0.956	2.773	161.89
AlCu5XX	T7	150	200	200	50	0.614	0.957	2.772	162.90
AlCu5XX	T7	150	200	200	50	0.59	0.958	2.771	156.60
AlCu5XX	T7	150	200	200	50	0.631	0.958	2.771	167.48
AlCu5XX	T7	150	200	200	50	0.615	0.958	2.771	163.23
AlCu5XX	T7	150	200	250	50	0.642	0.977	2.761	173.25
AlCu5XX	T7	150	200	250	50	0.619	0.977	2.761	167.04
AlCu5XX	T7	150	200	250	50	0.612	0.978	2.761	165.22
AlCu5XX	T7	150	200	250	50	0.621	0.978	2.761	167.65
AlCu5XX	T7	150	200	250	50	0.653	0.978	2.761	176.36
AlCu5XX	T7	150	200	300	50	0.66	0.997	2.75	180.88
AlCu5XX	T7	150	200	300	50	0.592	0.997	2.75	162.39

Tabla C6. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu5XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu5XX	T7	150	200	300	50	0.63	0.998	2.749	172.90
AlCu5XX	T7	200	200	25	20	0.637	0.875	2.807	156.53
AlCu5XX	T7	200	200	25	20	0.771	0.875	2.807	189.45
AlCu5XX	T7	200	200	25	20	0.665	0.875	2.807	163.41
AlCu5XX	T7	200	200	25	20	0.726	0.875	2.807	178.40
AlCu5XX	T7	200	200	25	20	0.311	0.875	2.807	76.42
AlCu5XX	T7	200	200	50	20	0.611	0.884	2.803	151.47
AlCu5XX	T7	200	200	50	20	0.663	0.887	2.803	164.77
AlCu5XX	T7	200	200	50	20	0.599	0.888	2.802	149.10
AlCu5XX	T7	200	200	50	20	0.613	0.889	2.802	152.77
AlCu5XX	T7	200	200	50	20	0.65	0.889	2.802	161.99
AlCu5XX	T7	200	200	100	20	0.631	0.911	2.794	160.62
AlCu5XX	T7	200	200	100	20	0.622	0.914	2.792	158.77
AlCu5XX	T7	200	200	100	20	0.625	0.915	2.792	159.62
AlCu5XX	T7	200	200	100	20	0.634	0.915	2.792	161.92
AlCu5XX	T7	200	200	100	20	0.638	0.915	2.792	163.02
AlCu5XX	T7	200	200	150	20	0.638	0.934	2.783	165.77
AlCu5XX	T7	200	200	150	20	0.622	0.937	2.782	162.14
AlCu5XX	T7	200	200	150	20	0.645	0.937	2.782	168.13
AlCu5XX	T7	200	200	150	20	0.609	0.937	2.782	158.75
AlCu5XX	T7	200	200	150	20	0.635	0.937	2.782	165.53
AlCu5XX	T7	200	200	200	20	0.627	0.955	2.773	165.98
AlCu5XX	T7	200	200	200	20	0.642	0.957	2.771	170.33
AlCu5XX	T7	200	200	200	20	0.63	0.957	2.771	167.15
AlCu5XX	T7	200	200	200	20	0.627	0.958	2.771	166.42
AlCu5XX	T7	200	200	200	20	0.624	0.958	2.771	165.62
AlCu5XX	T7	200	200	250	20	0.655	0.976	2.762	176.52
AlCu5XX	T7	200	200	250	50	0.611	0.978	2.761	164.95
AlCu5XX	T7	200	200	250	50	0.624	0.978	2.761	168.53
AlCu5XX	T7	200	200	250	50	0.6	0.978	2.761	162.05
AlCu5XX	T7	200	200	250	50	0.611	0.978	2.76	164.96
AlCu5XX	T7	200	200	300	50	0.627	0.996	2.75	171.77
AlCu5XX	T7	200	200	300	50	0.623	0.997	2.75	170.89
AlCu5XX	T7	200	200	300	50	0.619	0.998	2.749	169.81
AlCu5XX	T7	200	200	300	50	0.636	0.998	2.749	174.47
AlCu5XX	T7	200	200	300	50	0.609	0.998	2.749	167.07
AlCu5XX	T7	250	200	25	20	0.607	0.875	2.807	149.15
AlCu5XX	T7	250	200	25	20	0.648	0.875	2.807	159.23
AlCu5XX	T7	250	200	25	20	0.677	0.875	2.807	166.36
AlCu5XX	T7	250	200	25	20	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	250	200	25	20	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	250	200	50	20	0.672	0.884	2.803	166.59
AlCu5XX	T7	250	200	50	20	0.602	0.887	2.803	149.61
AlCu5XX	T7	250	200	50	20	0.668	0.888	2.802	166.27
AlCu5XX	T7	250	200	50	20	0.658	0.889	2.802	163.99
AlCu5XX	T7	250	200	50	20	0.654	0.889	2.802	162.99
AlCu5XX	T7	250	200	100	20	0.661	0.911	2.793	168.19
AlCu5XX	T7	250	200	100	20	0.655	0.914	2.792	167.10
AlCu5XX	T7	250	200	100	20	0.643	0.914	2.792	164.13
AlCu5XX	T7	250	200	100	20	0.651	0.914	2.792	166.17
AlCu5XX	T7	250	200	100	20	0.646	0.915	2.792	165.07
AlCu5XX	T7	250	200	150	20	0.648	0.937	2.782	168.92

Tabla C7 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu5XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm2/s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm3)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu5XX	T7	250	200	150	20	0.641	0.937	2.782	167.09
AlCu5XX	T7	250	200	150	20	0.65	0.937	2.782	169.44
AlCu5XX	T7	250	200	150	20	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	250	200	200	20	0.646	0.955	2.773	171.01
AlCu5XX	T7	250	200	200	20	0.654	0.958	2.771	173.58
AlCu5XX	T7	250	200	200	20	0.637	0.958	2.771	169.07
AlCu5XX	T7	250	200	200	20	0.639	0.958	2.771	169.60
AlCu5XX	T7	250	200	200	20	0.656	0.958	2.771	174.11
AlCu5XX	T7	250	200	250	20	0.638	0.976	2.762	171.94
AlCu5XX	T7	250	200	250	20	0.655	0.978	2.76	176.84
AlCu5XX	T7	250	200	250	20	0.674	0.978	2.76	181.97
AlCu5XX	T7	250	200	250	20	0.644	0.979	2.76	173.94
AlCu5XX	T7	250	200	250	20	0.617	0.979	2.76	166.65
AlCu5XX	T7	250	200	300	20	0.644	0.998	2.749	176.75
AlCu5XX	T7	250	200	300	20	0.634	0.998	2.749	173.92
AlCu5XX	T7	250	200	300	20	0.68	0.998	2.749	186.63
AlCu5XX	T7	250	200	300	20	0.629	0.998	2.75	172.62
AlCu5XX	T7	250	200	300	20	0.662	0.998	2.75	181.67
AlCu5XX	T7	250	200	25	30	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	250	200	25	30	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	250	200	25	30	0.73	0.875	2.807	179.38
AlCu5XX	T7	250	200	25	30	0.551	0.875	2.807	135.39
AlCu5XX	T7	250	200	25	30	0.445	0.875	2.807	109.35
AlCu5XX	T7	250	200	50	30	0.631	0.884	2.803	156.42
AlCu5XX	T7	250	200	50	30	0.612	0.887	2.803	152.10
AlCu5XX	T7	250	200	50	30	0.665	0.888	2.802	165.42
AlCu5XX	T7	250	200	50	30	0.656	0.889	2.802	163.39
AlCu5XX	T7	250	200	50	30	0.625	0.889	2.802	155.67
AlCu5XX	T7	250	200	100	30	0.643	0.911	2.793	163.61
AlCu5XX	T7	250	200	100	30	0.652	0.913	2.792	166.25
AlCu5XX	T7	250	200	100	30	0.667	0.913	2.792	170.08
AlCu5XX	T7	250	200	100	30	0.618	0.913	2.792	157.58
AlCu5XX	T7	250	200	100	30	0.659	0.914	2.792	168.13
AlCu5XX	T7	250	200	150	30	0.64	0.933	2.784	166.27
AlCu5XX	T7	250	200	150	30	0.661	0.936	2.782	172.16
AlCu5XX	T7	250	200	150	30	0.656	0.937	2.782	170.93
AlCu5XX	T7	250	200	150	30	0.625	0.937	2.782	162.85
AlCu5XX	T7	250	200	150	30	0.626	0.937	2.782	163.11
AlCu5XX	T7	250	200	200	30	0.666	0.954	2.773	176.22
AlCu5XX	T7	250	200	200	30	0.65	0.957	2.772	172.39
AlCu5XX	T7	250	200	200	30	0.629	0.957	2.772	166.88
AlCu5XX	T7	250	200	200	30	0.617	0.957	2.772	163.76
AlCu5XX	T7	250	200	200	30	0.665	0.957	2.772	176.50
AlCu5XX	T7	250	200	250	30	0.642	0.975	2.762	172.94
AlCu5XX	T7	250	200	250	30	0.639	0.977	2.761	172.44
AlCu5XX	T7	250	200	250	30	0.658	0.978	2.761	177.64
AlCu5XX	T7	250	200	250	30	0.64	0.978	2.761	172.78
AlCu5XX	T7	250	200	250	30	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	250	200	300	30	0.617	0.996	2.75	169.03
AlCu5XX	T7	250	200	300	30	0.651	0.997	2.75	178.42
AlCu5XX	T7	250	200	300	30	0.658	0.997	2.75	180.49
AlCu5XX	T7	250	200	300	30	0.64	0.997	2.75	175.48

Tabla C8. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu5XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu5XX	T7	250	200	300	30	0.575	0.997	2.75	157.73
AlCu5XX	T7	250	200	25	50	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	250	200	25	50	0.668	0.875	2.807	164.14
AlCu5XX	T7	250	200	25	50	0.703	0.875	2.807	172.74
AlCu5XX	T7	250	200	25	50	0.655	0.875	2.807	160.95
AlCu5XX	T7	250	200	25	50	0.553	0.875	2.807	135.89
AlCu5XX	T7	250	200	50	50	0.678	0.885	2.803	168.18
AlCu5XX	T7	250	200	50	50	0.565	0.887	2.803	140.51
AlCu5XX	T7	250	200	50	50	0.65	0.888	2.802	161.79
AlCu5XX	T7	250	200	50	50	0.573	0.889	2.802	142.71
AlCu5XX	T7	250	200	50	50	0.638	0.889	2.802	159.00
AlCu5XX	T7	250	200	100	50	0.638	0.912	2.793	162.50
AlCu5XX	T7	250	200	100	50	0.625	0.914	2.792	159.45
AlCu5XX	T7	250	200	100	50	0.58	0.914	2.792	147.97
AlCu5XX	T7	250	200	100	50	0.622	0.914	2.792	158.69
AlCu5XX	T7	250	200	100	50	0.607	0.915	2.792	155.02
AlCu5XX	T7	250	200	150	50	0.631	0.936	2.782	164.34
AlCu5XX	T7	250	200	150	50	0.654	0.936	2.782	170.33
AlCu5XX	T7	250	200	150	50	0.625	0.937	2.782	162.85
AlCu5XX	T7	250	200	150	50	0.626	0.937	2.782	163.11
AlCu5XX	T7	250	200	150	50	0.608	0.937	2.782	158.49
AlCu5XX	T7	250	200	200	50	0.614	0.957	2.772	162.90
AlCu5XX	T7	250	200	200	50	0.637	0.957	2.771	169.01
AlCu5XX	T7	250	200	200	50	0.619	0.957	2.772	164.29
AlCu5XX	T7	250	200	200	50	0.609	0.958	2.771	161.64
AlCu5XX	T7	250	200	200	50	0.633	0.958	2.771	168.01
AlCu5XX	T7	250	200	250	50	0.624	0.977	2.761	168.39
AlCu5XX	T7	250	200	250	50	0.64	0.978	2.761	172.78
AlCu5XX	T7	250	200	250	50	0.625	0.978	2.761	168.73
AlCu5XX	T7	250	200	250	50	0.626	0.978	2.76	169.01
AlCu5XX	T7	250	200	250	50	0.643	0.978	2.76	173.60
AlCu5XX	T7	250	200	300	50	0.621	0.997	2.75	170.27
AlCu5XX	T7	250	200	300	50	0.589	0.997	2.75	161.50
AlCu5XX	T7	250	200	300	50	0.65	0.997	2.75	178.22
AlCu5XX	T7	250	200	300	50	0.63	0.997	2.75	172.81
AlCu5XX	T7	250	200	300	50	0.653	0.997	2.75	179.12
AlCu5XX	T7	300	200	25	20	0.506	0.875	2.807	124.34
AlCu5XX	T7	300	200	25	20	0.724	0.875	2.807	177.90
AlCu5XX	T7	300	200	25	20	0.734	0.875	2.807	180.36
AlCu5XX	T7	300	200	25	20	0.709	0.875	2.807	174.22
AlCu5XX	T7	300	200	25	20	0.716	0.875	2.807	175.94
AlCu5XX	T7	300	200	50	20	0.607	0.888	2.802	150.99
AlCu5XX	T7	300	200	50	20	0.703	0.889	2.802	175.09
AlCu5XX	T7	300	200	50	20	0.673	0.889	2.802	167.73
AlCu5XX	T7	300	200	50	20	0.688	0.889	2.802	171.46
AlCu5XX	T7	300	200	50	20	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	300	200	100	20	0.658	0.911	2.794	167.49
AlCu5XX	T7	300	200	100	20	0.658	0.914	2.792	167.87
AlCu5XX	T7	300	200	100	20	0.661	0.914	2.792	168.72
AlCu5XX	T7	300	200	100	20	0.646	0.914	2.792	164.90

Tabla C9 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu5XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm2/s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm3)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu5XX	T7	300	200	150	20	0.647	0.937	2.782	168.58
AlCu5XX	T7	300	200	150	20	0.664	0.937	2.782	173.01
AlCu5XX	T7	300	200	150	20	0.666	0.937	2.782	173.53
AlCu5XX	T7	300	200	150	20	0.652	0.937	2.782	169.89
AlCu5XX	T7	300	200	200	20	0.653	0.955	2.773	172.86
AlCu5XX	T7	300	200	200	20	0.657	0.958	2.771	174.38
AlCu5XX	T7	300	200	200	20	0.64	0.958	2.771	169.87
AlCu5XX	T7	300	200	200	20	0.672	0.958	2.771	178.36
AlCu5XX	T7	300	200	200	20	0.689	0.958	2.771	182.94
AlCu5XX	T7	300	200	250	20	0.667	0.975	2.762	179.59
AlCu5XX	T7	300	200	250	20	0.652	0.978	2.761	176.02
AlCu5XX	T7	300	200	250	20	0.646	0.978	2.761	174.40
AlCu5XX	T7	300	200	250	20	0.664	0.978	2.761	179.33
AlCu5XX	T7	300	200	250	20	0.65	0.978	2.761	175.55
AlCu5XX	T7	300	200	300	20	0.641	0.998	2.75	175.91
AlCu5XX	T7	300	200	300	20	0.651	0.997	2.75	178.50
AlCu5XX	T7	300	200	300	20	0.6	0.997	2.75	164.58
AlCu5XX	T7	300	200	300	20	0.635	0.997	2.75	174.18
AlCu5XX	T7	300	200	300	20	0.612	0.997	2.75	167.88
AlCu5XX	T7	300	200	25	30	0.624	0.875	2.807	153.33
AlCu5XX	T7	300	200	25	30	0.665	0.875	2.807	163.41
AlCu5XX	T7	300	200	25	30	0.727	0.875	2.807	178.64
AlCu5XX	T7	300	200	25	30	0.697	0.875	2.807	171.27
AlCu5XX	T7	300	200	25	30	0.699	0.875	2.807	171.76
AlCu5XX	T7	300	200	50	30	0.668	0.885	2.803	165.70
AlCu5XX	T7	300	200	50	30	0.667	0.887	2.802	165.81
AlCu5XX	T7	300	200	50	30	0.688	0.888	2.802	171.14
AlCu5XX	T7	300	200	50	30	0.66	0.889	2.802	164.38
AlCu5XX	T7	300	200	50	30	0.658	0.889	2.802	163.88
AlCu5XX	T7	300	200	100	30	0.644	0.913	2.793	164.18
AlCu5XX	T7	300	200	100	30	0.669	0.913	2.793	170.56
AlCu5XX	T7	300	200	100	30	0.622	0.913	2.793	158.66
AlCu5XX	T7	300	200	100	30	0.602	0.914	2.792	153.58
AlCu5XX	T7	300	200	100	30	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	300	200	150	30	0.655	0.934	2.784	170.25
AlCu5XX	T7	300	200	150	30	0.669	0.935	2.783	174.16
AlCu5XX	T7	300	200	150	30	0.659	0.935	2.783	171.55
AlCu5XX	T7	300	200	150	30	0.654	0.936	2.783	170.32
AlCu5XX	T7	300	200	150	30	-	-	-	-
AlCu5XX	T7	300	200	200	30	0.692	0.955	2.773	183.19
AlCu5XX	T7	300	200	200	30	0.667	0.956	2.772	176.83
AlCu5XX	T7	300	200	200	30	0.635	0.956	2.772	168.35
AlCu5XX	T7	300	200	200	30	0.682	0.957	2.772	180.88
AlCu5XX	T7	300	200	200	30	0.649	0.957	2.772	172.19
AlCu5XX	T7	300	200	250	30	0.645	0.975	2.762	173.75
AlCu5XX	T7	300	200	250	30	0.633	0.977	2.762	170.74
AlCu5XX	T7	300	200	250	30	0.646	0.977	2.761	174.19
AlCu5XX	T7	300	200	250	30	0.632	0.977	2.762	170.47
AlCu5XX	T7	300	200	250	30	0.64	0.977	2.761	172.64
AlCu5XX	T7	300	200	300	30	0.652	0.997	2.75	178.69
AlCu5XX	T7	300	200	300	30	0.61	0.996	2.75	167.11
AlCu5XX	T7	300	200	300	30	0.634	0.996	2.751	173.75
AlCu5XX	T7	300	200	300	30	0.613	0.997	2.75	168.00

Tabla C10 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu5XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm2/s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm3)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu5XX	T7	300	200	300	30	0.649	0.997	2.75	177.87
AlCu5XX	T7	300	200	25	50	0.643	0.875	2.807	158.00
AlCu5XX	T7	300	200	25	50	0.626	0.875	2.807	153.82
AlCu5XX	T7	300	200	25	50	0.637	0.875	2.807	156.53
AlCu5XX	T7	300	200	25	50	0.634	0.875	2.807	155.79
AlCu5XX	T7	300	200	25	50	0.615	0.875	2.807	151.12
AlCu5XX	T7	300	200	50	50	0.595	0.887	2.802	147.91
AlCu5XX	T7	300	200	50	50	0.648	0.889	2.802	161.39
AlCu5XX	T7	300	200	50	50	0.678	0.889	2.802	168.87
AlCu5XX	T7	300	200	50	50	0.591	0.889	2.802	147.29
AlCu5XX	T7	300	200	50	50	0.582	0.889	2.802	145.05
AlCu5XX	T7	300	200	100	50	0.667	0.913	2.793	170.14
AlCu5XX	T7	300	200	100	50	0.599	0.914	2.792	152.90
AlCu5XX	T7	300	200	100	50	0.615	0.914	2.792	156.98
AlCu5XX	T7	300	200	100	50	0.634	0.915	2.792	161.92
AlCu5XX	T7	300	200	100	50	0.605	0.915	2.792	154.59
AlCu5XX	T7	300	200	150	50	0.614	0.936	2.782	159.92
AlCu5XX	T7	300	200	150	50	0.625	0.937	2.782	162.85
AlCu5XX	T7	300	200	150	50	0.604	0.937	2.782	157.38
AlCu5XX	T7	300	200	150	50	0.635	0.937	2.782	165.46
AlCu5XX	T7	300	200	150	50	0.65	0.937	2.782	169.44
AlCu5XX	T7	300	200	200	50	0.643	0.958	2.771	170.66
AlCu5XX	T7	300	200	200	50	0.644	0.958	2.771	170.93
AlCu5XX	T7	300	200	200	50	0.652	0.958	2.771	173.05
AlCu5XX	T7	300	200	200	50	0.662	0.958	2.771	175.71
AlCu5XX	T7	300	200	200	50	0.638	0.958	2.771	169.34
AlCu5XX	T7	300	200	250	50	0.635	0.978	2.76	171.44
AlCu5XX	T7	300	200	250	50	0.605	0.978	2.76	163.34
AlCu5XX	T7	300	200	250	50	0.652	0.978	2.76	176.03
AlCu5XX	T7	300	200	250	50	0.624	0.978	2.761	168.53
AlCu5XX	T7	300	200	250	50	0.629	0.978	2.76	169.82
AlCu5XX	T7	300	200	300	50	0.611	0.998	2.749	167.61
AlCu5XX	T7	300	200	300	50	0.633	0.998	2.749	173.65
AlCu5XX	T7	300	200	300	50	0.578	0.998	2.75	158.62
AlCu5XX	T7	300	200	300	50	0.613	0.998	2.749	168.16
AlCu5XX	T7	300	200	300	50	0.614	0.998	2.749	168.51

Aleación	TT	Vel. De Temple (°C/min)	25°C				150°C				200°C				250°C				300°C			
			YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)	YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)	YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)	YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)	YS (Mpa)	UTS (Mpa)	PE (%)	TE (%)
AlCu6XX	T7	200	137	347	7.2	7.6	155	263	7.8	8.1	134	209	14.8	15.1	127	169	4.3	4.4	111	148	11.7	11.7
AlCu6XX	T7	200	197	345	8.5	9.0	177	261	9.5	9.8	139	210	9.3	9.4	126	174	15.2	15.3	107	150	12.2	12.2
AlCu6XX	T7	200	208	355	7.4	7.9	156	265	8.0	8.4	143	202	4.6	4.8	123	171	5.2	5.2	104	139	14.1	14.2
AlCu6XX	T7	200	211	355	6.7	7.2	175	259	6.7	6.9	131	211	9.0	9.2	121	173	9.5	9.5	110	143	15.3	15.4
AlCu6XX	T7	200	211	342	4.4	4.9	175	262	5.0	5.4	151	203	4.4	4.7	123	163	6.9	7.2	110	143	11.2	11.3
AlCu6XX	T7	200	207	321	3.2	3.6	179	258	6.9	7.3	143	206	6.5	6.8	119	166	14.3	14.4	105	143	11.7	11.8
AlCu6XX	T7	200	130	307	5.2	5.6	134	251	5.3	5.7	125	196	6.5	6.8	110	159	12.4	12.5	107	140	4.7	4.7
AlCu6XX	T7	200	196	291	2.5	2.9	177	257	6.9	7.2	125	199	5.8	6.1	118	159	9.7	9.8	107	142	9.4	9.4
AlCu6XX	T7	200	140	332	5.4	5.8	148	256	5.2	5.6	129	208	6.4	6.7	112	165	9.2	9.3	107	139	6.5	6.5
AlCu6XX	T7	200	195	318	4.0	4.4	180	259	7.8	8.1	133	207	8.0	8.3	121	165	7.3	7.4	98	140	12.6	12.8
AlCu6XX	T7	200	180	216	0.8	1.1	-	-	-	-	175	206	0.9	1.1	123	162	10.1	10.3	105	140	4.5	4.7
AlCu6XX	T7	200	171	230	1.4	1.6	179	231	1.8	2.1	179	231	1.8	2.1	118	157	8.2	8.5	104	138	7.2	7.4
AlCu6XX	T7	200	181	241	1.4	1.7	172	228	2.0	2.3	172	228	2.0	2.3	117	159	10.0	10.1	102	134	8.7	8.9
AlCu6XX	T7	200	173	215	0.9	1.2	0	0	0.9	1.2	-	-	-	-	128	170	8.2	8.4	101	132	10.8	10.9

TT	Tratamiento Térmico	PE	Elongación plastica
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50
51	51	51	51
52	52	52	52
53	53	53	53
54	54	54	54
55	55	55	55
56	56	56	56
57	57	57	57
58	58	58	58
59	59	59	59
60	60	60	60
61	61	61	61
62	62	62	62
63	63	63	63
64	64	64	64
65	65	65	65
66	66	66	66
67	67	67	67
68	68	68	68
69	69	69	69
70	70	70	70
71	71	71	71
72	72	72	72
73	73	73	73
74	74	74	74
75	75	75	75
76	76	76	76
77	77	77	77
78	78	78	78
79	79	79	79
80	80	80	80
81	81	81	81
82	82	82	82
83	83	83	83
84	84	84	84
85	85	85	85
86	86	86	86
87	87	87	87
88	88	88	88
89	89	89	89
90	90	90	90
91	91	91	91
92	92	92	92
93	93	93	93
94	94	94	94
95	95	95	95
96	96	96	96
97	97	97	97
98	98	98	98
99	99	99	99
100	100	100	100

YS	Esfuerzo de Cedencia	TE	Elongación total
1	Tratamiento Térmico	1	Elongación por

JTS Esfuerzo último a la tensión

Tabla D2. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu6XX

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
Al Cu6XX	T7	25	200	25	20	0.584	0.871	2.822	143.51
Al Cu6XX	T7	25	200	25	20	0.611	0.871	2.822	150.16
Al Cu6XX	T7	25	200	25	20	0.569	0.871	2.822	139.96
Al Cu6XX	T7	25	200	25	20	0.546	0.871	2.822	134.19
Al Cu6XX	T7	25	200	25	20	0.587	0.871	2.822	144.36
Al Cu6XX	T7	25	200	50	20	0.602	0.881	2.819	149.54
Al Cu6XX	T7	25	200	50	20	0.584	0.882	2.818	145.09
Al Cu6XX	T7	25	200	50	20	0.581	0.885	2.817	144.96
Al Cu6XX	T7	25	200	50	20	0.584	0.885	2.817	145.69
Al Cu6XX	T7	25	200	50	20	0.585	0.886	2.817	146.03
Al Cu6XX	T7	25	200	100	20	0.597	0.91	2.807	152.39
Al Cu6XX	T7	25	200	100	20	0.586	0.91	2.807	149.59
Al Cu6XX	T7	25	200	100	20	0.581	0.91	2.807	148.45
Al Cu6XX	T7	25	200	100	20	0.586	0.911	2.807	149.80
Al Cu6XX	T7	25	200	100	20	-	-	-	-
Al Cu6XX	T7	25	200	150	20	0.595	0.93	2.798	154.90
Al Cu6XX	T7	25	200	150	20	0.588	0.932	2.797	153.38
Al Cu6XX	T7	25	200	150	20	0.593	0.933	2.797	154.79
Al Cu6XX	T7	25	200	150	20	0.596	0.933	2.797	155.64
Al Cu6XX	T7	25	200	150	20	0.599	0.933	2.797	156.29
Al Cu6XX	T7	25	200	200	20	0.59	0.95	2.788	156.30
Al Cu6XX	T7	25	200	200	20	0.61	0.953	2.786	161.91
Al Cu6XX	T7	25	200	200	20	0.592	0.954	2.786	157.35
Al Cu6XX	T7	25	200	200	20	0.597	0.954	2.786	158.59
Al Cu6XX	T7	25	200	200	20	0.599	0.954	2.786	159.28
Al Cu6XX	T7	25	200	250	20	0.598	0.971	2.777	161.31
Al Cu6XX	T7	25	200	250	20	0.588	0.973	2.776	158.84
Al Cu6XX	T7	25	200	250	20	0.591	0.974	2.775	159.63
Al Cu6XX	T7	25	200	250	20	0.595	0.973	2.776	160.61
Al Cu6XX	T7	25	200	250	20	0.588	0.973	2.776	158.84
Al Cu6XX	T7	25	200	300	20	0.621	0.991	2.766	170.35
Al Cu6XX	T7	25	200	300	20	0.613	0.993	2.764	168.27
Al Cu6XX	T7	25	200	300	20	0.568	0.993	2.764	155.79
Al Cu6XX	T7	25	200	300	20	0.596	0.993	2.764	163.58
Al Cu6XX	T7	25	200	300	20	0.603	0.993	2.764	165.55
Al Cu6XX	T7	25	200	25	30	0.581	0.871	2.822	142.81
Al Cu6XX	T7	25	200	25	30	0.53	0.871	2.822	130.34
Al Cu6XX	T7	25	200	25	30	0.575	0.871	2.822	141.24
Al Cu6XX	T7	25	200	25	30	0.541	0.871	2.822	132.93
Al Cu6XX	T7	25	200	25	30	0.579	0.871	2.822	142.22
Al Cu6XX	T7	25	200	50	30	0.583	0.881	2.819	144.75
Al Cu6XX	T7	25	200	50	30	0.543	0.882	2.818	135.08
Al Cu6XX	T7	25	200	50	30	0.541	0.884	2.817	134.64
Al Cu6XX	T7	25	200	50	30	0.593	0.885	2.817	147.76
Al Cu6XX	T7	25	200	50	30	0.549	0.885	2.817	136.77
Al Cu6XX	T7	25	200	100	30	0.562	0.907	2.809	143.22
Al Cu6XX	T7	25	200	100	30	0.557	0.909	2.808	142.25
Al Cu6XX	T7	25	200	100	30	0.57	0.909	2.808	145.55
Al Cu6XX	T7	25	200	100	30	0.566	0.909	2.808	144.45
Al Cu6XX	T7	25	200	100	30	0.566	0.909	2.808	144.37
Al Cu6XX	T7	25	200	150	30	0.564	0.929	2.799	146.74
Al Cu6XX	T7	25	200	150	30	0.579	0.931	2.798	150.90
Al Cu6XX	T7	25	200	150	30	0.581	0.932	2.797	151.40
Al Cu6XX	T7	25	200	150	30	0.583	0.932	2.797	152.09

Tabla D3 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu6XX

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu6XX	T7	25	200	200	30	0.6	0.952	2.787	159.11
AlCu6XX	T7	25	200	200	30	0.596	0.952	2.787	158.19
AlCu6XX	T7	25	200	200	30	0.571	0.952	2.787	151.54
AlCu6XX	T7	25	200	250	30	0.588	0.971	2.777	158.46
AlCu6XX	T7	25	200	250	30	0.601	0.973	2.776	162.28
AlCu6XX	T7	25	200	250	30	0.582	0.973	2.776	157.26
AlCu6XX	T7	25	200	250	30	0.582	0.973	2.776	157.28
AlCu6XX	T7	25	200	250	30	0.595	0.973	2.776	160.84
AlCu6XX	T7	25	200	300	30	0.607	0.992	2.765	166.47
AlCu6XX	T7	25	200	300	30	0.583	0.992	2.765	159.92
AlCu6XX	T7	25	200	300	30	0.584	0.993	2.765	160.36
AlCu6XX	T7	25	200	300	30	0.573	0.993	2.765	157.25
AlCu6XX	T7	25	200	300	30	0.584	0.993	2.765	160.31
AlCu6XX	T7	25	200	25	50	0.586	0.871	2.822	144.07
AlCu6XX	T7	25	200	25	50	0.601	0.871	2.822	147.79
AlCu6XX	T7	25	200	25	50	0.602	0.871	2.822	147.98
AlCu6XX	T7	25	200	25	50	0.55	0.871	2.822	135.07
AlCu6XX	T7	25	200	25	50	0.57	0.871	2.822	140.07
AlCu6XX	T7	25	200	50	50	0.589	0.882	2.818	146.32
AlCu6XX	T7	25	200	50	50	0.595	0.884	2.817	148.26
AlCu6XX	T7	25	200	50	50	0.567	0.885	2.817	141.44
AlCu6XX	T7	25	200	50	50	0.573	0.886	2.817	142.99
AlCu6XX	T7	25	200	50	50	0.58	0.885	2.817	144.66
AlCu6XX	T7	25	200	100	50	0.585	0.91	2.807	149.44
AlCu6XX	T7	25	200	100	50	0.592	0.909	2.808	151.01
AlCu6XX	T7	25	200	100	50	0.58	0.91	2.807	148.21
AlCu6XX	T7	25	200	100	50	0.581	0.91	2.807	148.44
AlCu6XX	T7	25	200	100	50	0.59	0.91	2.807	150.74
AlCu6XX	T7	25	200	150	50	0.575	0.931	2.798	149.79
AlCu6XX	T7	25	200	150	50	0.587	0.933	2.797	153.18
AlCu6XX	T7	25	200	150	50	0.597	0.933	2.797	155.76
AlCu6XX	T7	25	200	150	50	0.627	0.933	2.797	163.66
AlCu6XX	T7	25	200	150	50	0.597	0.933	2.797	155.82
AlCu6XX	T7	25	200	200	50	0.613	0.953	2.787	162.76
AlCu6XX	T7	25	200	200	50	0.591	0.954	2.786	157.15
AlCu6XX	T7	25	200	200	50	0.581	0.954	2.786	154.36
AlCu6XX	T7	25	200	200	50	0.601	0.953	2.786	159.53
AlCu6XX	T7	25	200	200	50	0.592	0.953	2.786	157.23
AlCu6XX	T7	25	200	250	50	0.599	0.973	2.776	161.89
AlCu6XX	T7	25	200	250	50	0.59	0.973	2.776	159.28
AlCu6XX	T7	25	200	250	50	0.608	0.974	2.775	164.34
AlCu6XX	T7	25	200	250	50	0.593	0.974	2.775	160.20
AlCu6XX	T7	25	200	250	50	0.605	0.974	2.775	163.42
AlCu6XX	T7	25	200	300	50	0.609	0.993	2.765	167.29
AlCu6XX	T7	25	200	300	50	0.619	0.994	2.764	170.07
AlCu6XX	T7	25	200	300	50	0.595	0.993	2.764	163.41
AlCu6XX	T7	25	200	300	50	0.56	0.993	2.764	153.80
AlCu6XX	T7	25	200	300	50	0.616	0.993	2.764	168.97
AlCu6XX	T7	150	200	25	20	0.673	0.871	2.822	165.45
AlCu6XX	T7	150	200	25	20	0.55	0.871	2.822	135.25
AlCu6XX	T7	150	200	25	20	0.59	0.871	2.822	145.01
AlCu6XX	T7	150	200	25	20	0.577	0.871	2.822	141.90
AlCu6XX	T7	150	200	25	20	0.622	0.871	2.822	152.84
AlCu6XX	T7	150	200	50	20	0.608	0.883	2.818	151.35
AlCu6XX	T7	150	200	50	20	0.598	0.884	2.818	149.08

Tabla D4. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu6XX

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Terr (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
Al Cu6XX	T7	150	200	50	20				
Al Cu6XX	T7	150	200	100	20	0.625	0.907	2.809	159.35
Al Cu6XX	T7	150	200	100	20	0.604	0.909	2.808	154.25
Al Cu6XX	T7	150	200	100	20	0.61	0.909	2.808	155.64
Al Cu6XX	T7	150	200	100	20	0.611	0.91	2.807	156.12
Al Cu6XX	T7	150	200	100	20	0.608	0.911	2.807	155.53
Al Cu6XX	T7	150	200	150	20	0.633	0.929	2.799	164.49
Al Cu6XX	T7	150	200	150	20	0.596	0.932	2.797	155.29
Al Cu6XX	T7	150	200	150	20	0.615	0.933	2.797	160.46
Al Cu6XX	T7	150	200	150	20	0.619	0.933	2.797	161.55
Al Cu6XX	T7	150	200	150	20	0.613	0.933	2.797	159.90
Al Cu6XX	T7	150	200	200	20	0.623	0.95	2.788	164.98
Al Cu6XX	T7	150	200	200	20	0.591	0.953	2.787	156.93
Al Cu6XX	T7	150	200	200	20	0.61	0.953	2.786	162.03
Al Cu6XX	T7	150	200	200	20	0.613	0.953	2.786	162.80
Al Cu6XX	T7	150	200	200	20	0.614	0.953	2.786	163.05
Al Cu6XX	T7	150	200	250	20	0.621	0.971	2.777	167.33
Al Cu6XX	T7	150	200	250	20	0.619	0.973	2.776	167.16
Al Cu6XX	T7	150	200	250	20	0.621	0.973	2.776	167.75
Al Cu6XX	T7	150	200	250	20	0.631	0.973	2.776	170.39
Al Cu6XX	T7	150	200	250	20	0.601	0.973	2.776	162.26
Al Cu6XX	T7	150	200	300	20	0.656	0.993	2.764	179.91
Al Cu6XX	T7	150	200	300	20	0.658	0.993	2.764	180.49
Al Cu6XX	T7	150	200	300	20	0.643	0.993	2.764	176.55
Al Cu6XX	T7	150	200	300	20	0.619	0.993	2.764	169.82
Al Cu6XX	T7	150	200	300	20	0.667	0.993	2.765	183.27
Al Cu6XX	T7	150	200	25	30	0.605	0.871	2.822	148.68
Al Cu6XX	T7	150	200	25	30	0.6	0.871	2.822	147.39
Al Cu6XX	T7	150	200	25	30	0.625	0.871	2.822	153.50
Al Cu6XX	T7	150	200	25	30	0.63	0.871	2.822	154.87
Al Cu6XX	T7	150	200	25	30	0.631	0.871	2.822	155.04
Al Cu6XX	T7	150	200	50	30	0.629	0.881	2.819	156.09
Al Cu6XX	T7	150	200	50	30	0.629	0.882	2.818	156.23
Al Cu6XX	T7	150	200	50	30	0.608	0.884	2.818	151.36
Al Cu6XX	T7	150	200	50	30	0.615	0.884	2.818	153.10
Al Cu6XX	T7	150	200	50	30	0.603	0.884	2.817	150.25
Al Cu6XX	T7	150	200	100	30	0.609	0.906	2.809	155.04
Al Cu6XX	T7	150	200	100	30	0.614	0.908	2.808	156.67
Al Cu6XX	T7	150	200	100	30	0.622	0.909	2.808	158.87
Al Cu6XX	T7	150	200	100	30	0.6	0.908	2.808	153.02
Al Cu6XX	T7	150	200	100	30	0.617	0.909	2.808	157.42
Al Cu6XX	T7	150	200	150	30	0.604	0.929	2.799	156.93
Al Cu6XX	T7	150	200	150	30	0.61	0.93	2.798	158.81
Al Cu6XX	T7	150	200	150	30	0.605	0.931	2.798	157.66
Al Cu6XX	T7	150	200	150	30	0.604	0.931	2.798	157.28
Al Cu6XX	T7	150	200	150	30	0.611	0.932	2.797	159.22
Al Cu6XX	T7	150	200	200	30	0.616	0.95	2.788	163.11
Al Cu6XX	T7	150	200	200	30	0.63	0.952	2.787	167.16
Al Cu6XX	T7	150	200	200	30	0.618	0.952	2.787	163.88
Al Cu6XX	T7	150	200	200	30	0.579	0.952	2.787	153.63
Al Cu6XX	T7	150	200	200	30	0.601	0.952	2.787	159.48
Al Cu6XX	T7	150	200	250	30	0.609	0.971	2.777	164.22
Al Cu6XX	T7	150	200	250	30	0.658	0.972	2.776	177.52
Al Cu6XX	T7	150	200	250	30	0.622	0.972	2.776	167.84
Al Cu6XX	T7	150	200	250	30	0.65	0.972	2.776	175.41

Tabla D5 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu6XX

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu6XX	T7	150	200	300	30	0.629	0.993	2.765	172.81
AlCu6XX	T7	150	200	300	30	0.623	0.992	2.765	170.75
AlCu6XX	T7	150	200	300	30	0.59	0.992	2.765	161.94
AlCu6XX	T7	150	200	300	30	0.632	0.993	2.765	173.61
AlCu6XX	T7	150	200	25	50	0.582	0.871	2.822	143.04
AlCu6XX	T7	150	200	25	50	0.664	0.871	2.822	163.30
AlCu6XX	T7	150	200	25	50	0.599	0.871	2.822	147.22
AlCu6XX	T7	150	200	25	50	0.599	0.871	2.822	147.13
AlCu6XX	T7	150	200	25	50	0.641	0.871	2.822	157.44
AlCu6XX	T7	150	200	50	50	0.584	0.882	2.818	145.22
AlCu6XX	T7	150	200	50	50	0.594	0.883	2.818	147.71
AlCu6XX	T7	150	200	50	50	0.582	0.884	2.817	144.95
AlCu6XX	T7	150	200	50	50	0.582	0.885	2.817	145.14
AlCu6XX	T7	150	200	50	50	0.595	0.885	2.817	148.42
AlCu6XX	T7	150	200	100	50	0.613	0.909	2.808	156.38
AlCu6XX	T7	150	200	100	50	0.591	0.909	2.808	150.73
AlCu6XX	T7	150	200	100	50	0.594	0.909	2.808	151.68
AlCu6XX	T7	150	200	100	50	0.601	0.91	2.807	153.51
AlCu6XX	T7	150	200	100	50	0.592	0.91	2.807	151.13
AlCu6XX	T7	150	200	150	50	0.609	0.931	2.798	158.57
AlCu6XX	T7	150	200	150	50	0.618	0.933	2.797	161.22
AlCu6XX	T7	150	200	150	50	0.601	0.933	2.797	156.95
AlCu6XX	T7	150	200	150	50	0.595	0.933	2.797	155.27
AlCu6XX	T7	150	200	150	50	0.604	0.933	2.797	157.65
AlCu6XX	T7	150	200	200	50	0.604	0.953	2.786	160.47
AlCu6XX	T7	150	200	200	50	0.599	0.954	2.786	159.12
AlCu6XX	T7	150	200	200	50	0.614	0.954	2.786	163.07
AlCu6XX	T7	150	200	200	50	0.609	0.954	2.786	161.88
AlCu6XX	T7	150	200	200	50	0.595	0.954	2.786	158.23
AlCu6XX	T7	150	200	250	50	0.596	0.974	2.775	161.18
AlCu6XX	T7	150	200	250	50	0.591	0.974	2.775	159.81
AlCu6XX	T7	150	200	250	50	0.599	0.974	2.775	161.78
AlCu6XX	T7	150	200	250	50	0.61	0.973	2.776	164.86
AlCu6XX	T7	150	200	250	50	0.619	0.974	2.775	167.39
AlCu6XX	T7	150	200	300	50	0.629	0.993	2.765	172.73
AlCu6XX	T7	150	200	300	50	0.617	0.993	2.765	169.52
AlCu6XX	T7	150	200	300	50	0.636	0.993	2.765	174.58
AlCu6XX	T7	150	200	300	50	0.651	0.993	2.765	178.77
AlCu6XX	T7	150	200	300	50	0.63	0.993	2.765	172.85
AlCu6XX	T7	200	200	25	20	0.626	0.871	2.822	153.86
AlCu6XX	T7	200	200	25	20	0.619	0.871	2.822	152.18
AlCu6XX	T7	200	200	25	20	0.609	0.871	2.822	149.60
AlCu6XX	T7	200	200	25	20	0.647	0.871	2.822	159.09
AlCu6XX	T7	200	200	25	20	0.597	0.871	2.822	146.75
AlCu6XX	T7	200	200	50	20	0.634	0.882	2.818	157.63
AlCu6XX	T7	200	200	50	20	0.629	0.884	2.817	156.55
AlCu6XX	T7	200	200	50	20	0.639	0.885	2.817	159.20
AlCu6XX	T7	200	200	50	20	0.65	0.886	2.817	162.33
AlCu6XX	T7	200	200	50	20				
AlCu6XX	T7	200	200	100	20	0.622	0.907	2.809	158.57
AlCu6XX	T7	200	200	100	20	0.623	0.909	2.808	159.11
AlCu6XX	T7	200	200	100	20	0.63	0.91	2.807	160.92
AlCu6XX	T7	200	200	100	20	0.645	0.91	2.807	164.75
AlCu6XX	T7	200	200	100	20	0.63	0.911	2.807	161.18
AlCu6XX	T7	200	200	150	20	0.646	0.929	2.799	167.85

Tabla D6. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu6XX

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu6XX	T7	200	200	150	20	0.619	0.933	2.797	161.61
AlCu6XX	T7	200	200	150	20	0.641	0.933	2.797	167.30
AlCu6XX	T7	200	200	200	20	0.66	0.95	2.788	174.84
AlCu6XX	T7	200	200	200	20	0.652	0.954	2.786	173.30
AlCu6XX	T7	200	200	200	20	0.617	0.954	2.786	164.10
AlCu6XX	T7	200	200	200	20	0.654	0.953	2.786	173.69
AlCu6XX	T7	200	200	200	20	0.629	0.954	2.786	167.31
AlCu6XX	T7	200	200	250	20	0.631	0.971	2.777	170.20
AlCu6XX	T7	200	200	250	20	0.622	0.974	2.775	168.15
AlCu6XX	T7	200	200	250	20	0.645	0.973	2.776	174.25
AlCu6XX	T7	200	200	250	20	0.633	0.974	2.775	171.14
AlCu6XX	T7	200	200	250	20	0.627	0.974	2.775	169.48
AlCu6XX	T7	200	200	300	20	0.654	0.993	2.764	179.39
AlCu6XX	T7	200	200	300	20	0.633	0.993	2.765	173.80
AlCu6XX	T7	200	200	300	20	0.635	0.993	2.764	174.20
AlCu6XX	T7	200	200	300	20	0.649	0.993	2.764	178.16
AlCu6XX	T7	200	200	300	20	0.638	0.993	2.765	175.31
AlCu6XX	T7	200	200	25	30	0.632	0.871	2.822	155.35
AlCu6XX	T7	200	200	25	30	0.636	0.871	2.822	156.37
AlCu6XX	T7	200	200	25	30	0.607	0.871	2.822	149.30
AlCu6XX	T7	200	200	25	30	0.668	0.871	2.822	164.22
AlCu6XX	T7	200	200	25	30	0.604	0.871	2.822	148.43
AlCu6XX	T7	200	200	50	30	0.639	0.881	2.819	158.74
AlCu6XX	T7	200	200	50	30	0.637	0.882	2.818	158.43
AlCu6XX	T7	200	200	50	30	0.64	0.884	2.817	159.26
AlCu6XX	T7	200	200	50	30	0.627	0.885	2.817	156.43
AlCu6XX	T7	200	200	50	30	0.625	0.885	2.817	155.77
AlCu6XX	T7	200	200	100	30	0.639	0.907	2.809	162.84
AlCu6XX	T7	200	200	100	30	0.649	0.909	2.808	165.56
AlCu6XX	T7	200	200	100	30	0.644	0.909	2.808	164.44
AlCu6XX	T7	200	200	100	30	0.648	0.91	2.807	165.60
AlCu6XX	T7	200	200	100	30	0.613	0.909	2.808	156.51
AlCu6XX	T7	200	200	150	30	0.632	0.93	2.798	164.49
AlCu6XX	T7	200	200	150	30	0.635	0.931	2.798	165.54
AlCu6XX	T7	200	200	150	30	0.626	0.931	2.798	163.11
AlCu6XX	T7	200	200	150	30	0.651	0.932	2.797	169.77
AlCu6XX	T7	200	200	150	30	0.637	0.933	2.797	166.13
AlCu6XX	T7	200	200	200	30	0.661	0.95	2.788	175.05
AlCu6XX	T7	200	200	200	30	0.634	0.952	2.787	168.13
AlCu6XX	T7	200	200	200	30	0.644	0.953	2.787	171.01
AlCu6XX	T7	200	200	200	30	0.632	0.953	2.787	167.86
AlCu6XX	T7	200	200	200	30	0.653	0.953	2.787	173.53
AlCu6XX	T7	200	200	250	30	0.624	0.971	2.777	168.18
AlCu6XX	T7	200	200	250	30	0.662	0.973	2.776	178.75
AlCu6XX	T7	200	200	250	30	0.65	0.973	2.776	175.44
AlCu6XX	T7	200	200	250	30	0.654	0.973	2.776	176.57
AlCu6XX	T7	200	200	250	30	0.648	0.991	2.766	177.65
AlCu6XX	T7	200	200	300	30	0.66	0.993	2.765	181.32
AlCu6XX	T7	200	200	300	30	0.631	0.992	2.765	172.94
AlCu6XX	T7	200	200	300	30	0.644	0.992	2.765	176.64
AlCu6XX	T7	200	200	300	30	0.614	0.993	2.765	168.55
AlCu6XX	T7	200	200	300	30	0.648	0.992	2.765	177.76
AlCu6XX	T7	200	200	25	50	0.659	0.871	2.822	162.02
AlCu6XX	T7	200	200	25	50	0.688	0.871	2.822	169.07
AlCu6XX	T7	200	200	25	50	0.585	0.871	2.822	143.87

Tabla D7 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu6XX

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm2/s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm3)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
Al Cu6XX	T7	200	200	50	50	0.642	0.881	2.819	159.52
Al Cu6XX	T7	200	200	50	50	0.648	0.883	2.818	161.35
Al Cu6XX	T7	200	200	50	50	0.655	0.884	2.817	163.08
Al Cu6XX	T7	200	200	50	50	0.652	0.885	2.817	162.50
Al Cu6XX	T7	200	200	50	50	0.657	0.885	2.817	163.86
Al Cu6XX	T7	200	200	100	50	0.651	0.908	2.808	165.95
Al Cu6XX	T7	200	200	100	50	0.625	0.909	2.808	159.57
Al Cu6XX	T7	200	200	100	50	0.648	0.909	2.808	165.42
Al Cu6XX	T7	200	200	100	50	0.653	0.909	2.808	166.71
Al Cu6XX	T7	200	200	100	50	0.639	0.911	2.807	163.44
Al Cu6XX	T7	200	200	150	50	0.66	0.93	2.798	171.78
Al Cu6XX	T7	200	200	150	50	0.653	0.933	2.797	170.43
Al Cu6XX	T7	200	200	150	50	0.659	0.933	2.797	172.02
Al Cu6XX	T7	200	200	150	50	0.657	0.933	2.797	171.52
Al Cu6XX	T7	200	200	150	50	0.639	0.933	2.797	166.83
Al Cu6XX	T7	200	200	200	50	0.635	0.952	2.787	168.51
Al Cu6XX	T7	200	200	200	50	0.627	0.953	2.787	166.58
Al Cu6XX	T7	200	200	200	50	0.651	0.953	2.786	172.90
Al Cu6XX	T7	200	200	200	50	0.648	0.953	2.787	172.16
Al Cu6XX	T7	200	200	200	50	0.627	0.953	2.786	166.36
Al Cu6XX	T7	200	200	250	50	0.627	0.973	2.776	169.35
Al Cu6XX	T7	200	200	250	50	0.672	0.973	2.776	181.41
Al Cu6XX	T7	200	200	250	50	0.636	0.973	2.776	171.82
Al Cu6XX	T7	200	200	250	50	0.65	0.973	2.776	175.45
Al Cu6XX	T7	200	200	250	50	0.655	0.973	2.776	176.82
Al Cu6XX	T7	200	200	300	50	0.656	0.992	2.765	179.84
Al Cu6XX	T7	200	200	300	50	0.624	0.992	2.765	171.08
Al Cu6XX	T7	200	200	300	50	0.649	0.992	2.765	178.10
Al Cu6XX	T7	200	200	300	50	0.661	0.993	2.765	181.36
Al Cu6XX	T7	200	200	300	50	0.648	0.993	2.765	178.04
Al Cu6XX	T7	250	200	25	20	0.594	0.871	2.822	146.07
Al Cu6XX	T7	250	200	25	20	0.635	0.871	2.822	156.00
Al Cu6XX	T7	250	200	25	20	0.638	0.871	2.822	156.94
Al Cu6XX	T7	250	200	25	20	0.635	0.871	2.822	156.10
Al Cu6XX	T7	250	200	25	20	0.652	0.871	2.822	160.28
Al Cu6XX	T7	250	200	50	20	0.649	0.882	2.818	161.41
Al Cu6XX	T7	250	200	50	20	0.666	0.884	2.818	165.79
Al Cu6XX	T7	250	200	50	20	0.611	0.885	2.817	152.42
Al Cu6XX	T7	250	200	50	20	0.655	0.885	2.817	163.28
Al Cu6XX	T7	250	200	50	20				
Al Cu6XX	T7	250	200	100	20	0.649	0.909	2.808	165.59
Al Cu6XX	T7	250	200	100	20	0.643	0.909	2.808	164.10
Al Cu6XX	T7	250	200	100	20	0.644	0.91	2.807	164.39
Al Cu6XX	T7	250	200	100	20	0.633	0.911	2.807	161.74
Al Cu6XX	T7	250	200	100	20				
Al Cu6XX	T7	250	200	150	20	0.647	0.93	2.798	168.36
Al Cu6XX	T7	250	200	150	20	0.662	0.933	2.797	172.83
Al Cu6XX	T7	250	200	150	20	0.662	0.933	2.797	172.80
Al Cu6XX	T7	250	200	150	20	0.656	0.933	2.797	171.11
Al Cu6XX	T7	250	200	150	20	0.651	0.933	2.797	169.77
Al Cu6XX	T7	250	200	200	20	0.658	0.95	2.788	174.22
Al Cu6XX	T7	250	200	200	20	0.644	0.953	2.787	170.93
Al Cu6XX	T7	250	200	200	20	0.646	0.953	2.786	171.60
Al Cu6XX	T7	250	200	200	20	0.654	0.954	2.786	173.84
Al Cu6XX	T7	250	200	200	20	0.657	0.953	2.786	174.51

Tabla D8. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu6XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm2/s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm3)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu6XX	T7	250	200	250	20	0.645	0.974	2.775	174.24
AlCu6XX	T7	250	200	250	20	0.656	0.974	2.775	177.40
AlCu6XX	T7	250	200	250	20	0.683	0.973	2.776	184.40
AlCu6XX	T7	250	200	300	20	0.668	0.993	2.764	183.39
AlCu6XX	T7	250	200	300	20	0.641	0.993	2.765	176.07
AlCu6XX	T7	250	200	300	20	0.623	0.993	2.765	171.12
AlCu6XX	T7	250	200	300	20	0.662	0.993	2.765	181.67
AlCu6XX	T7	250	200	300	20	0.614	0.993	2.765	168.52
AlCu6XX	T7	250	200	25	30	0.641	0.871	2.822	157.58
AlCu6XX	T7	250	200	25	30	0.613	0.871	2.822	150.63
AlCu6XX	T7	250	200	25	30	0.646	0.871	2.822	158.90
AlCu6XX	T7	250	200	25	30	0.646	0.871	2.822	158.90
AlCu6XX	T7	250	200	25	30	0.625	0.871	2.822	153.55
AlCu6XX	T7	250	200	50	30	0.645	0.88	2.819	159.89
AlCu6XX	T7	250	200	50	30	0.643	0.882	2.818	159.76
AlCu6XX	T7	250	200	50	30	0.625	0.883	2.818	155.58
AlCu6XX	T7	250	200	50	30	0.612	0.884	2.817	152.35
AlCu6XX	T7	250	200	50	30	0.624	0.885	2.817	155.52
AlCu6XX	T7	250	200	100	30	0.621	0.908	2.808	158.28
AlCu6XX	T7	250	200	100	30	0.608	0.909	2.808	155.11
AlCu6XX	T7	250	200	100	30	0.617	0.908	2.808	157.26
AlCu6XX	T7	250	200	100	30	0.621	0.908	2.808	158.45
AlCu6XX	T7	250	200	100	30	0.642	0.909	2.808	163.94
AlCu6XX	T7	250	200	150	30	0.622	0.93	2.798	161.88
AlCu6XX	T7	250	200	150	30	0.62	0.932	2.797	161.57
AlCu6XX	T7	250	200	150	30	0.636	0.931	2.798	165.70
AlCu6XX	T7	250	200	150	30	0.633	0.931	2.798	164.98
AlCu6XX	T7	250	200	150	30	0.642	0.932	2.797	167.45
AlCu6XX	T7	250	200	200	30	0.623	0.95	2.788	165.09
AlCu6XX	T7	250	200	200	30	0.621	0.952	2.787	164.67
AlCu6XX	T7	250	200	200	30	0.637	0.952	2.787	168.95
AlCu6XX	T7	250	200	200	30	0.615	0.952	2.787	163.20
AlCu6XX	T7	250	200	200	30	0.621	0.952	2.787	164.66
AlCu6XX	T7	250	200	250	30	0.615	0.971	2.777	165.81
AlCu6XX	T7	250	200	250	30	0.641	0.973	2.776	173.06
AlCu6XX	T7	250	200	250	30	0.614	0.972	2.776	165.59
AlCu6XX	T7	250	200	250	30	0.617	0.973	2.776	166.55
AlCu6XX	T7	250	200	250	30	0.592	0.973	2.776	159.78
AlCu6XX	T7	250	200	300	30	0.605	0.992	2.765	165.89
AlCu6XX	T7	250	200	300	30	0.594	0.992	2.765	162.91
AlCu6XX	T7	250	200	300	30	0.608	0.992	2.765	166.72
AlCu6XX	T7	250	200	300	30	0.626	0.992	2.765	171.76
AlCu6XX	T7	250	200	300	30	0.598	0.992	2.765	164.04
AlCu6XX	T7	250	200	25	50	0.575	0.871	2.822	141.36
AlCu6XX	T7	250	200	25	50	0.624	0.871	2.822	153.36
AlCu6XX	T7	250	200	25	50	0.647	0.871	2.822	159.14
AlCu6XX	T7	250	200	25	50	0.617	0.871	2.822	151.60
AlCu6XX	T7	250	200	25	50	0.565	0.871	2.822	138.81
AlCu6XX	T7	250	200	50	50	0.594	0.881	2.818	147.42
AlCu6XX	T7	250	200	50	50	0.617	0.883	2.818	153.52
AlCu6XX	T7	250	200	50	50	0.583	0.884	2.817	145.28
AlCu6XX	T7	250	200	50	50	0.612	0.885	2.817	152.64
AlCu6XX	T7	250	200	50	50	0.614	0.885	2.817	153.07
AlCu6XX	T7	250	200	100	50	0.592	0.91	2.807	151.25

Tabla D9 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu6XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm2/s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm3)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu6XX	T7	250	200	100	50	0.609	0.91	2.807	155.67
AlCu6XX	T7	250	200	150	50	0.614	0.932	2.797	160.06
AlCu6XX	T7	250	200	150	50	0.609	0.932	2.797	158.65
AlCu6XX	T7	250	200	150	50	0.605	0.933	2.797	157.86
AlCu6XX	T7	250	200	150	50	0.597	0.933	2.797	155.83
AlCu6XX	T7	250	200	150	50	0.604	0.933	2.797	157.64
AlCu6XX	T7	250	200	200	50	0.587	0.953	2.787	155.80
AlCu6XX	T7	250	200	200	50	0.618	0.954	2.786	164.33
AlCu6XX	T7	250	200	200	50	0.614	0.954	2.786	163.24
AlCu6XX	T7	250	200	200	50	0.593	0.953	2.786	157.43
AlCu6XX	T7	250	200	200	50	0.62	0.953	2.786	164.73
AlCu6XX	T7	250	200	250	50	0.582	0.973	2.776	157.08
AlCu6XX	T7	250	200	250	50	0.626	0.973	2.776	169.15
AlCu6XX	T7	250	200	250	50	0.618	0.974	2.775	167.14
AlCu6XX	T7	250	200	250	50	0.608	0.974	2.775	164.44
AlCu6XX	T7	250	200	250	50	0.59	0.974	2.775	159.34
AlCu6XX	T7	250	200	300	50	0.606	0.993	2.765	166.31
AlCu6XX	T7	250	200	300	50	0.606	0.993	2.765	166.28
AlCu6XX	T7	250	200	300	50	0.612	0.993	2.765	167.90
AlCu6XX	T7	250	200	300	50	0.613	0.993	2.765	168.41
AlCu6XX	T7	250	200	300	50	0.592	0.993	2.764	162.41
AlCu6XX	T7	300	200	25	20	0.616	0.871	2.822	151.29
AlCu6XX	T7	300	200	25	20	0.583	0.871	2.822	143.30
AlCu6XX	T7	300	200	25	20	0.637	0.871	2.822	156.64
AlCu6XX	T7	300	200	25	20	0.67	0.871	2.822	164.69
AlCu6XX	T7	300	200	25	20	0.591	0.871	2.822	145.35
AlCu6XX	T7	300	200	50	20	0.619	0.881	2.819	153.84
AlCu6XX	T7	300	200	50	20	0.645	0.884	2.817	160.54
AlCu6XX	T7	300	200	50	20	0.622	0.885	2.817	155.10
AlCu6XX	T7	300	200	50	20	0.634	0.885	2.817	158.17
AlCu6XX	T7	300	200	50	20				
AlCu6XX	T7	300	200	100	20	0.619	0.907	2.809	157.60
AlCu6XX	T7	300	200	100	20	0.618	0.91	2.807	157.98
AlCu6XX	T7	300	200	100	20	0.632	0.91	2.807	161.53
AlCu6XX	T7	300	200	100	20	0.603	0.91	2.807	153.98
AlCu6XX	T7	300	200	100	20	0.615	0.91	2.807	157.00
AlCu6XX	T7	300	200	150	20	0.626	0.929	2.799	162.68
AlCu6XX	T7	300	200	150	20	0.619	0.932	2.797	161.26
AlCu6XX	T7	300	200	150	20	0.626	0.933	2.797	163.33
AlCu6XX	T7	300	200	150	20	0.626	0.933	2.797	163.24
AlCu6XX	T7	300	200	150	20	0.629	0.933	2.797	164.16
AlCu6XX	T7	300	200	200	20	0.629	0.951	2.788	166.70
AlCu6XX	T7	300	200	200	20	0.606	0.953	2.786	160.99
AlCu6XX	T7	300	200	200	20	0.626	0.953	2.786	166.22
AlCu6XX	T7	300	200	200	20	0.64	0.953	2.786	169.92
AlCu6XX	T7	300	200	200	20	0.631	0.953	2.786	167.59
AlCu6XX	T7	300	200	250	20	0.592	0.973	2.776	159.88
AlCu6XX	T7	300	200	250	20	0.627	0.974	2.775	169.33
AlCu6XX	T7	300	200	250	20	0.595	0.974	2.775	160.83
AlCu6XX	T7	300	200	250	20	0.616	0.974	2.775	166.58
AlCu6XX	T7	300	200	250	20				
AlCu6XX	T7	300	200	300	20	0.603	0.993	2.765	165.61
AlCu6XX	T7	300	200	300	20	0.613	0.993	2.765	168.25
AlCu6XX	T7	300	200	300	20	0.62	0.993	2.764	170.06

Tabla D10. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu6XX

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
Al Cu6XX	T7	300	200	25	30	0.584	0.871	2.822	143.62
Al Cu6XX	T7	300	200	25	30	0.627	0.871	2.822	154.18
Al Cu6XX	T7	300	200	25	30	0.607	0.871	2.822	149.32
Al Cu6XX	T7	300	200	25	30	0.596	0.871	2.822	146.49
Al Cu6XX	T7	300	200	50	30	0.606	0.881	2.819	150.40
Al Cu6XX	T7	300	200	50	30	0.586	0.882	2.818	145.71
Al Cu6XX	T7	300	200	50	30	0.602	0.884	2.817	149.86
Al Cu6XX	T7	300	200	50	30	0.599	0.885	2.817	149.35
Al Cu6XX	T7	300	200	50	30	0.579	0.885	2.817	144.23
Al Cu6XX	T7	300	200	100	30	0.59	0.908	2.808	150.45
Al Cu6XX	T7	300	200	100	30	0.598	0.909	2.808	152.69
Al Cu6XX	T7	300	200	100	30	0.592	0.909	2.808	151.17
Al Cu6XX	T7	300	200	100	30	0.592	0.909	2.808	151.01
Al Cu6XX	T7	300	200	100	30	0.595	0.91	2.807	151.97
Al Cu6XX	T7	300	200	150	30	0.594	0.929	2.799	154.49
Al Cu6XX	T7	300	200	150	30	0.585	0.931	2.798	152.43
Al Cu6XX	T7	300	200	150	30	0.59	0.932	2.797	153.74
Al Cu6XX	T7	300	200	150	30	0.575	0.932	2.797	149.86
Al Cu6XX	T7	300	200	150	30	0.588	0.932	2.797	153.32
Al Cu6XX	T7	300	200	200	30	0.603	0.95	2.788	159.77
Al Cu6XX	T7	300	200	200	30	0.592	0.952	2.787	157.20
Al Cu6XX	T7	300	200	200	30	0.592	0.952	2.787	157.14
Al Cu6XX	T7	300	200	200	30	0.589	0.952	2.787	156.37
Al Cu6XX	T7	300	200	200	30	0.588	0.952	2.787	156.05
Al Cu6XX	T7	300	200	250	30	0.591	0.97	2.778	159.27
Al Cu6XX	T7	300	200	250	30	0.587	0.972	2.776	158.27
Al Cu6XX	T7	300	200	250	30	0.586	0.972	2.776	158.17
Al Cu6XX	T7	300	200	250	30	0.584	0.973	2.776	157.83
Al Cu6XX	T7	300	200	250	30	0.579	0.973	2.776	156.35
Al Cu6XX	T7	300	200	300	30	0.561	0.993	2.765	153.97
Al Cu6XX	T7	300	200	300	30	0.569	0.992	2.765	155.94
Al Cu6XX	T7	300	200	300	30	0.564	0.992	2.765	154.66
Al Cu6XX	T7	300	200	300	30	0.566	0.992	2.765	155.32
Al Cu6XX	T7	300	200	300	30	0.571	0.993	2.765	156.69
Al Cu6XX	T7	300	200	25	50	0.622	0.871	2.822	152.76
Al Cu6XX	T7	300	200	25	50	0.701	0.871	2.822	172.20
Al Cu6XX	T7	300	200	25	50	0.597	0.871	2.822	146.83
Al Cu6XX	T7	300	200	25	50	0.63	0.871	2.822	154.90
Al Cu6XX	T7	300	200	25	50	0.619	0.871	2.822	152.10
Al Cu6XX	T7	300	200	50	50	0.599	0.882	2.818	148.86
Al Cu6XX	T7	300	200	50	50	0.632	0.884	2.817	157.36
Al Cu6XX	T7	300	200	50	50	0.608	0.886	2.817	151.71
Al Cu6XX	T7	300	200	50	50	0.605	0.885	2.817	150.77
Al Cu6XX	T7	300	200	50	50	0.639	0.886	2.817	159.46
Al Cu6XX	T7	300	200	100	50	0.595	0.91	2.807	151.96
Al Cu6XX	T7	300	200	100	50	0.615	0.91	2.807	157.09
Al Cu6XX	T7	300	200	100	50	0.619	0.91	2.807	158.13
Al Cu6XX	T7	300	200	100	50	0.615	0.91	2.807	156.98
Al Cu6XX	T7	300	200	100	50	0.611	0.911	2.807	156.32
Al Cu6XX	T7	300	200	150	50	0.606	0.931	2.798	157.91
Al Cu6XX	T7	300	200	150	50	0.616	0.933	2.797	160.68
Al Cu6XX	T7	300	200	150	50	0.638	0.933	2.797	166.50
Al Cu6XX	T7	300	200	150	50	0.605	0.933	2.797	157.90
Al Cu6XX	T7	300	200	150	50	0.616	0.933	2.797	160.63

Tabla D11. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu6XX

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu6XX	T7	300	200	200	50	0.626	0.953	2.786	166.32
AlCu6XX	T7	300	200	200	50	0.617	0.954	2.786	163.99
AlCu6XX	T7	300	200	250	50	0.613	0.973	2.776	165.47
AlCu6XX	T7	300	200	250	50	0.628	0.974	2.775	169.79
AlCu6XX	T7	300	200	250	50	0.616	0.974	2.775	166.48
AlCu6XX	T7	300	200	250	50	0.633	0.974	2.775	170.99
AlCu6XX	T7	300	200	250	50	0.625	0.974	2.775	169.03
AlCu6XX	T7	300	200	300	50	0.568	0.993	2.764	155.99
AlCu6XX	T7	300	200	300	50	0.617	0.993	2.764	169.22
AlCu6XX	T7	300	200	300	50	0.597	0.993	2.764	163.84
AlCu6XX	T7	300	200	300	50	0.594	0.993	2.764	163.06
AlCu6XX	T7	300	200	300	50	0.61	0.993	2.765	167.59

Tabla E2. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu7XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu7XX	T7	25	200	25	20	0.575	0.868	2.837	141.68
AlCu7XX	T7	25	200	25	20	0.6	0.868	2.837	147.84
AlCu7XX	T7	25	200	25	20	0.55	0.868	2.837	135.32
AlCu7XX	T7	25	200	25	20	0.613	0.868	2.837	151.01
AlCu7XX	T7	25	200	25	20	0.58	0.868	2.837	142.85
AlCu7XX	T7	25	200	50	20	0.581	0.877	2.833	144.23
AlCu7XX	T7	25	200	50	20	0.587	0.879	2.832	146.11
AlCu7XX	T7	25	200	50	20	0.603	0.881	2.832	150.45
AlCu7XX	T7	25	200	50	20	0.581	0.882	2.831	145.03
AlCu7XX	T7	25	200	50	20	-	-	-	-
AlCu7XX	T7	25	200	100	20	0.598	0.903	2.823	152.32
AlCu7XX	T7	25	200	100	20	0.601	0.907	2.822	153.72
AlCu7XX	T7	25	200	100	20	0.603	0.906	2.822	154.23
AlCu7XX	T7	25	200	100	20	0.601	0.907	2.822	153.76
AlCu7XX	T7	25	200	100	20	0.612	0.907	2.822	156.68
AlCu7XX	T7	25	200	150	20	0.596	0.925	2.813	155.05
AlCu7XX	T7	25	200	150	20	0.611	0.926	2.813	159.08
AlCu7XX	T7	25	200	150	20	0.603	0.927	2.812	157.15
AlCu7XX	T7	25	200	150	20	0.588	0.927	2.812	153.26
AlCu7XX	T7	25	200	150	20	0.61	0.928	2.812	159.21
AlCu7XX	T7	25	200	200	20	0.608	0.946	2.802	161.18
AlCu7XX	T7	25	200	200	20	0.597	0.949	2.801	158.58
AlCu7XX	T7	25	200	200	20	0.61	0.95	2.801	162.24
AlCu7XX	T7	25	200	200	20	0.598	0.95	2.801	159.02
AlCu7XX	T7	25	200	200	20	0.593	0.949	2.801	157.61
AlCu7XX	T7	25	200	250	20	0.609	0.966	2.792	164.20
AlCu7XX	T7	25	200	250	20	0.625	0.969	2.79	168.92
AlCu7XX	T7	25	200	250	20	0.602	0.97	2.79	162.90
AlCu7XX	T7	25	200	250	20	0.607	0.969	2.79	164.16
AlCu7XX	T7	25	200	250	20	0.62	0.97	2.79	167.91
AlCu7XX	T7	25	200	300	20	0.591	0.987	2.78	162.29
AlCu7XX	T7	25	200	300	20	0.591	0.99	2.778	162.60
AlCu7XX	T7	25	200	300	20	0.608	0.99	2.778	167.31
AlCu7XX	T7	25	200	300	20	0.622	0.989	2.778	170.92
AlCu7XX	T7	25	200	300	20	0.601	0.989	2.778	165.20
AlCu7XX	T7	25	200	25	30	0.596	0.868	2.837	146.85
AlCu7XX	T7	25	200	25	30	0.621	0.868	2.837	152.89
AlCu7XX	T7	25	200	25	30	0.586	0.868	2.837	144.36
AlCu7XX	T7	25	200	25	30	0.615	0.868	2.837	151.37
AlCu7XX	T7	25	200	25	30	0.578	0.868	2.837	142.27
AlCu7XX	T7	25	200	50	30	0.593	0.877	2.833	147.42
AlCu7XX	T7	25	200	50	30	0.599	0.879	2.832	149.06
AlCu7XX	T7	25	200	50	30	0.616	0.881	2.832	153.63
AlCu7XX	T7	25	200	50	30	0.604	0.882	2.831	150.76
AlCu7XX	T7	25	200	50	30	0.621	0.882	2.831	155.01

Tabla E3 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu7XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm2/s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm3)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu7XX	T7	25	200	100	30	0.613	0.903	2.823	156.36
AlCu7XX	T7	25	200	100	30	0.602	0.906	2.822	153.95
AlCu7XX	T7	25	200	100	30	0.607	0.906	2.822	155.07
AlCu7XX	T7	25	200	100	30	0.601	0.907	2.822	153.86
AlCu7XX	T7	25	200	100	30	0.6	0.906	2.822	153.52
AlCu7XX	T7	25	200	150	30	0.612	0.925	2.813	159.18
AlCu7XX	T7	25	200	150	30	0.614	0.926	2.813	159.97
AlCu7XX	T7	25	200	150	30	0.621	0.927	2.812	161.80
AlCu7XX	T7	25	200	150	30	0.62	0.927	2.812	161.68
AlCu7XX	T7	25	200	150	30	0.608	0.927	2.812	158.59
AlCu7XX	T7	25	200	200	30	0.63	0.947	2.802	167.07
AlCu7XX	T7	25	200	200	30	0.626	0.949	2.801	166.44
AlCu7XX	T7	25	200	200	30	0.615	0.949	2.801	163.52
AlCu7XX	T7	25	200	200	30	0.626	0.949	2.801	166.28
AlCu7XX	T7	25	200	200	30	0.614	0.949	2.801	163.16
AlCu7XX	T7	25	200	250	30	0.647	0.966	2.792	174.44
AlCu7XX	T7	25	200	250	30	0.638	0.969	2.79	172.45
AlCu7XX	T7	25	200	250	30	0.627	0.969	2.79	169.62
AlCu7XX	T7	25	200	250	30	0.633	0.969	2.79	171.23
AlCu7XX	T7	25	200	250	30	0.606	0.969	2.79	163.78
AlCu7XX	T7	25	200	300	30	0.637	0.988	2.779	174.83
AlCu7XX	T7	25	200	300	30	0.617	0.989	2.778	169.65
AlCu7XX	T7	25	200	300	30	0.599	0.989	2.778	164.57
AlCu7XX	T7	25	200	300	30	0.607	0.989	2.779	166.90
AlCu7XX	T7	25	200	300	30	0.596	0.989	2.779	163.85
AlCu7XX	T7	25	200	25	50	0.595	0.868	2.837	146.53
AlCu7XX	T7	25	200	25	50	0.611	0.868	2.837	150.53
AlCu7XX	T7	25	200	25	50	0.579	0.868	2.837	142.58
AlCu7XX	T7	25	200	25	50	0.571	0.868	2.837	140.49
AlCu7XX	T7	25	200	25	50	0.594	0.868	2.837	146.28
AlCu7XX	T7	25	200	50	50	0.589	0.877	2.833	146.38
AlCu7XX	T7	25	200	50	50	0.573	0.879	2.832	142.68
AlCu7XX	T7	25	200	50	50	0.596	0.881	2.832	148.73
AlCu7XX	T7	25	200	50	50	0.608	0.882	2.831	151.70
AlCu7XX	T7	25	200	50	50	0.589	0.882	2.831	146.96
AlCu7XX	T7	25	200	100	50	0.61	0.905	2.822	155.90
AlCu7XX	T7	25	200	100	50	0.597	0.906	2.822	152.61
AlCu7XX	T7	25	200	100	50	0.601	0.906	2.822	153.78
AlCu7XX	T7	25	200	100	50	0.61	0.906	2.822	155.86
AlCu7XX	T7	25	200	100	50	0.588	0.906	2.822	150.41
AlCu7XX	T7	25	200	150	50	0.577	0.925	2.813	150.23
AlCu7XX	T7	25	200	150	50	0.588	0.926	2.813	153.24
AlCu7XX	T7	25	200	150	50	0.604	0.927	2.812	157.32
AlCu7XX	T7	25	200	150	50	0.605	0.927	2.812	157.61
AlCu7XX	T7	25	200	150	50	0.586	0.927	2.812	152.65

Tabla E4. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu7XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu7XX	T7	25	200	200	50	0.619	0.948	2.801	164.38
AlCu7XX	T7	25	200	200	50	0.601	0.949	2.801	159.80
AlCu7XX	T7	25	200	200	50	0.611	0.949	2.801	162.36
AlCu7XX	T7	25	200	200	50	0.606	0.949	2.801	161.03
AlCu7XX	T7	25	200	200	50	0.616	0.949	2.801	163.66
AlCu7XX	T7	25	200	250	50	0.614	0.969	2.79	165.96
AlCu7XX	T7	25	200	250	50	0.62	0.969	2.79	167.73
AlCu7XX	T7	25	200	250	50	0.631	0.969	2.79	170.58
AlCu7XX	T7	25	200	250	50	0.615	0.969	2.79	166.31
AlCu7XX	T7	25	200	250	50	0.619	0.969	2.79	167.33
AlCu7XX	T7	25	200	300	50	0.581	0.989	2.779	159.66
AlCu7XX	T7	25	200	300	50	0.602	0.989	2.778	165.36
AlCu7XX	T7	25	200	300	50	0.633	0.989	2.779	173.97
AlCu7XX	T7	25	200	300	50	0.617	0.989	2.778	169.65
AlCu7XX	T7	25	200	300	50	0.574	0.99	2.778	157.96
AlCu7XX	T7	150	200	25	20	0.569	0.868	2.837	140.10
AlCu7XX	T7	150	200	25	20	0.623	0.868	2.837	153.37
AlCu7XX	T7	150	200	25	20	0.608	0.868	2.837	149.66
AlCu7XX	T7	150	200	25	20	0.582	0.868	2.837	143.33
AlCu7XX	T7	150	200	25	20	0.648	0.868	2.837	159.57
AlCu7XX	T7	150	200	50	20	0.631	0.879	2.832	157.16
AlCu7XX	T7	150	200	50	20	0.605	0.881	2.832	150.85
AlCu7XX	T7	150	200	50	20	0.609	0.882	2.831	151.95
AlCu7XX	T7	150	200	50	20	0.597	0.882	2.831	149.07
AlCu7XX	T7	150	200	50	20				
AlCu7XX	T7	150	200	100	20	0.604	0.903	2.823	154.06
AlCu7XX	T7	150	200	100	20	0.62	0.906	2.822	158.55
AlCu7XX	T7	150	200	100	20	0.606	0.906	2.822	154.81
AlCu7XX	T7	150	200	100	20	0.586	0.907	2.822	150.00
AlCu7XX	T7	150	200	100	20	0.608	0.907	2.821	155.67
AlCu7XX	T7	150	200	150	20	0.618	0.926	2.813	161.08
AlCu7XX	T7	150	200	150	20	0.625	0.928	2.811	162.91
AlCu7XX	T7	150	200	150	20	0.613	0.929	2.811	160.06
AlCu7XX	T7	150	200	150	20	0.621	0.928	2.811	162.00
AlCu7XX	T7	150	200	150	20	0.601	0.928	2.811	156.65
AlCu7XX	T7	150	200	200	20	0.621	0.947	2.802	164.89
AlCu7XX	T7	150	200	200	20	0.638	0.949	2.801	169.52
AlCu7XX	T7	150	200	200	20	0.631	0.949	2.801	167.78
AlCu7XX	T7	150	200	200	20	0.625	0.949	2.801	166.22
AlCu7XX	T7	150	200	200	20	0.636	0.949	2.801	168.94
AlCu7XX	T7	150	200	250	20	0.639	0.966	2.792	172.22
AlCu7XX	T7	150	200	250	20	0.626	0.969	2.79	169.23
AlCu7XX	T7	150	200	250	20	0.622	0.969	2.79	168.26
AlCu7XX	T7	150	200	250	20	0.619	0.969	2.79	167.47
AlCu7XX	T7	150	200	250	20	0.613	0.969	2.79	165.64

Tabla E5 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu7XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu7XX	T7	150	200	300	20	0.638	0.988	2.779	175.04
AlCu7XX	T7	150	200	300	20	0.613	0.989	2.778	168.32
AlCu7XX	T7	150	200	300	20	0.59	0.989	2.778	162.09
AlCu7XX	T7	150	200	300	20	0.64	0.989	2.779	175.82
AlCu7XX	T7	150	200	300	20	0.622	0.989	2.779	171.05
AlCu7XX	T7	150	200	25	30	0.559	0.868	2.837	137.54
AlCu7XX	T7	150	200	25	30	0.651	0.868	2.837	160.27
AlCu7XX	T7	150	200	25	30	0.57	0.868	2.837	140.44
AlCu7XX	T7	150	200	25	30	0.622	0.868	2.837	153.16
AlCu7XX	T7	150	200	25	30	0.568	0.868	2.837	139.99
AlCu7XX	T7	150	200	50	30	0.603	0.877	2.833	149.71
AlCu7XX	T7	150	200	50	30	0.6	0.879	2.832	149.37
AlCu7XX	T7	150	200	50	30	0.627	0.881	2.832	156.40
AlCu7XX	T7	150	200	50	30	0.577	0.881	2.832	143.94
AlCu7XX	T7	150	200	50	30	0.583	0.881	2.832	145.43
AlCu7XX	T7	150	200	100	30	0.607	0.903	2.823	154.65
AlCu7XX	T7	150	200	100	30	0.6	0.905	2.822	153.14
AlCu7XX	T7	150	200	100	30	0.598	0.905	2.822	152.73
AlCu7XX	T7	150	200	100	30	0.594	0.906	2.822	151.77
AlCu7XX	T7	150	200	100	30	0.612	0.906	2.822	156.60
AlCu7XX	T7	150	200	150	30	0.615	0.925	2.813	160.01
AlCu7XX	T7	150	200	150	30	0.614	0.927	2.812	159.93
AlCu7XX	T7	150	200	150	30	0.618	0.927	2.812	161.15
AlCu7XX	T7	150	200	150	30	0.605	0.927	2.812	157.60
AlCu7XX	T7	150	200	150	30	0.611	0.927	2.812	159.27
AlCu7XX	T7	150	200	200	30	0.599	0.947	2.802	158.89
AlCu7XX	T7	150	200	200	30	0.614	0.948	2.802	163.00
AlCu7XX	T7	150	200	200	30	0.617	0.948	2.801	163.73
AlCu7XX	T7	150	200	200	30	0.617	0.949	2.801	163.90
AlCu7XX	T7	150	200	200	30	0.609	0.949	2.801	161.96
AlCu7XX	T7	150	200	250	30	0.617	0.966	2.792	166.37
AlCu7XX	T7	150	200	250	30	0.594	0.968	2.791	160.60
AlCu7XX	T7	150	200	250	30	0.61	0.968	2.79	164.86
AlCu7XX	T7	150	200	250	30	0.607	0.968	2.79	163.89
AlCu7XX	T7	150	200	250	30	0.605	0.969	2.79	163.48
AlCu7XX	T7	150	200	300	30	0.572	0.987	2.78	157.00
AlCu7XX	T7	150	200	300	30	0.598	0.988	2.779	164.24
AlCu7XX	T7	150	200	300	30	0.584	0.988	2.779	160.28
AlCu7XX	T7	150	200	300	30	0.586	0.988	2.779	160.92
AlCu7XX	T7	150	200	300	30	0.612	0.988	2.779	167.91
AlCu7XX	T7	150	200	25	50	0.587	0.868	2.837	144.50
AlCu7XX	T7	150	200	25	50	0.599	0.868	2.837	147.50
AlCu7XX	T7	150	200	25	50	0.569	0.868	2.837	140.16
AlCu7XX	T7	150	200	25	50	0.535	0.868	2.837	131.68
AlCu7XX	T7	150	200	25	50	0.559	0.868	2.837	137.70

Tabla E6. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu7XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu7XX	T7	150	200	50	50	0.549	0.879	2.832	136.63
AlCu7XX	T7	150	200	50	50	0.587	0.881	2.832	146.38
AlCu7XX	T7	150	200	50	50	0.602	0.881	2.832	150.14
AlCu7XX	T7	150	200	50	50	0.586	0.882	2.831	146.32
AlCu7XX	T7	150	200	50	50	0.584	0.882	2.831	145.86
AlCu7XX	T7	150	200	100	50	0.571	0.906	2.822	146.07
AlCu7XX	T7	150	200	100	50	0.586	0.906	2.822	149.74
AlCu7XX	T7	150	200	100	50	0.577	0.907	2.822	147.70
AlCu7XX	T7	150	200	100	50	0.575	0.907	2.822	147.05
AlCu7XX	T7	150	200	100	50	0.574	0.907	2.821	146.97
AlCu7XX	T7	150	200	150	50	0.581	0.928	2.811	151.54
AlCu7XX	T7	150	200	150	50	0.58	0.929	2.811	151.42
AlCu7XX	T7	150	200	150	50	0.604	0.928	2.811	157.66
AlCu7XX	T7	150	200	150	50	0.573	0.929	2.811	149.65
AlCu7XX	T7	150	200	150	50	0.59	0.929	2.811	154.05
AlCu7XX	T7	150	200	200	50	0.593	0.949	2.801	157.66
AlCu7XX	T7	150	200	200	50	0.599	0.95	2.801	159.45
AlCu7XX	T7	150	200	200	50	0.589	0.949	2.801	156.57
AlCu7XX	T7	150	200	200	50	0.59	0.949	2.801	156.93
AlCu7XX	T7	150	200	200	50	0.596	0.949	2.801	158.51
AlCu7XX	T7	150	200	250	50	0.585	0.969	2.79	158.23
AlCu7XX	T7	150	200	250	50	0.608	0.97	2.79	164.42
AlCu7XX	T7	150	200	250	50	0.59	0.97	2.79	159.68
AlCu7XX	T7	150	200	250	50	0.597	0.97	2.79	161.48
AlCu7XX	T7	150	200	250	50	0.58	0.969	2.79	156.87
AlCu7XX	T7	150	200	300	50	0.578	0.989	2.778	158.85
AlCu7XX	T7	150	200	300	50	0.588	0.99	2.778	161.67
AlCu7XX	T7	150	200	300	50	0.567	0.99	2.778	156.01
AlCu7XX	T7	150	200	300	50	0.59	0.989	2.778	162.00
AlCu7XX	T7	150	200	300	50	0.601	0.989	2.778	165.24
AlCu7XX	T7	200	200	25	20	0.614	0.868	2.837	151.24
AlCu7XX	T7	200	200	25	20	0.649	0.868	2.837	159.88
AlCu7XX	T7	200	200	25	20	0.638	0.868	2.837	157.06
AlCu7XX	T7	200	200	25	20	0.596	0.868	2.837	146.67
AlCu7XX	T7	200	200	25	20	0.62	0.868	2.837	152.65
AlCu7XX	T7	200	200	50	20	0.602	0.877	2.833	149.69
AlCu7XX	T7	200	200	50	20	0.613	0.878	2.833	152.36
AlCu7XX	T7	200	200	50	20	0.62	0.881	2.832	154.61
AlCu7XX	T7	200	200	50	20	0.61	0.882	2.831	152.23
AlCu7XX	T7	200	200	50	20	0.591	0.882	2.831	147.61
AlCu7XX	T7	200	200	100	20	0.608	0.906	2.822	155.50
AlCu7XX	T7	200	200	100	20	0.611	0.906	2.822	156.11
AlCu7XX	T7	200	200	100	20	0.602	0.906	2.822	153.91
AlCu7XX	T7	200	200	100	20	0.609	0.907	2.821	155.82
AlCu7XX	T7	200	200	100	20				

Tabla E7 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu7XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu7XX	T7	200	200	150	20	0.613	0.929	2.811	160.15
AlCu7XX	T7	200	200	150	20	0.634	0.929	2.811	165.55
AlCu7XX	T7	200	200	150	20	0.61	0.929	2.811	159.36
AlCu7XX	T7	200	200	150	20	0.603	0.929	2.811	157.54
AlCu7XX	T7	200	200	150	20				
AlCu7XX	T7	200	200	200	20	0.623	0.946	2.802	165.14
AlCu7XX	T7	200	200	200	20	0.627	0.949	2.801	166.63
AlCu7XX	T7	200	200	200	20	0.646	0.95	2.801	171.77
AlCu7XX	T7	200	200	200	20	0.622	0.95	2.801	165.62
AlCu7XX	T7	200	200	200	20	0.628	0.949	2.801	166.81
AlCu7XX	T7	200	200	250	20	0.644	0.967	2.791	173.74
AlCu7XX	T7	200	200	250	20	0.609	0.969	2.79	164.77
AlCu7XX	T7	200	200	250	20	0.623	0.97	2.79	168.69
AlCu7XX	T7	200	200	250	20	0.622	0.97	2.79	168.33
AlCu7XX	T7	200	200	250	20	0.609	0.97	2.79	164.76
AlCu7XX	T7	200	200	300	20	0.611	0.987	2.78	167.64
AlCu7XX	T7	200	200	300	20	0.616	0.989	2.778	169.15
AlCu7XX	T7	200	200	300	20	0.612	0.99	2.778	168.22
AlCu7XX	T7	200	200	300	20	0.608	0.99	2.778	167.35
AlCu7XX	T7	200	200	300	20	0.628	0.989	2.778	172.57
AlCu7XX	T7	200	200	25	30	0.567	0.868	2.837	139.72
AlCu7XX	T7	200	200	25	30	0.61	0.868	2.837	150.19
AlCu7XX	T7	200	200	25	30	0.575	0.868	2.837	141.63
AlCu7XX	T7	200	200	25	30	0.609	0.868	2.837	150.00
AlCu7XX	T7	200	200	25	30	0.577	0.868	2.837	142.18
AlCu7XX	T7	200	200	50	30	0.609	0.877	2.833	151.32
AlCu7XX	T7	200	200	50	30	0.563	0.879	2.832	140.22
AlCu7XX	T7	200	200	50	30	0.58	0.881	2.832	144.76
AlCu7XX	T7	200	200	50	30	0.601	0.882	2.831	149.95
AlCu7XX	T7	200	200	50	30	0.592	0.882	2.831	147.76
AlCu7XX	T7	200	200	100	30	0.588	0.903	2.823	149.91
AlCu7XX	T7	200	200	100	30	0.594	0.906	2.822	151.79
AlCu7XX	T7	200	200	100	30	0.598	0.905	2.822	152.85
AlCu7XX	T7	200	200	100	30	0.612	0.906	2.822	156.54
AlCu7XX	T7	200	200	100	30	0.589	0.906	2.822	150.48
AlCu7XX	T7	200	200	150	30	0.599	0.925	2.813	155.86
AlCu7XX	T7	200	200	150	30	0.616	0.928	2.812	160.69
AlCu7XX	T7	200	200	150	30	0.597	0.928	2.812	155.80
AlCu7XX	T7	200	200	150	30	0.606	0.928	2.811	157.97
AlCu7XX	T7	200	200	150	30	0.612	0.928	2.811	159.64
AlCu7XX	T7	200	200	200	30	0.636	0.946	2.802	168.64
AlCu7XX	T7	200	200	200	30	0.605	0.949	2.801	160.74
AlCu7XX	T7	200	200	200	30	0.591	0.949	2.801	156.98
AlCu7XX	T7	200	200	200	30	0.614	0.949	2.801	163.34
AlCu7XX	T7	200	200	200	30	0.624	0.949	2.801	165.88

Tabla E8. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu7XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu7XX	T7	200	200	250	30	0.624	0.967	2.791	168.40
AlCu7XX	T7	200	200	250	30	0.612	0.969	2.79	165.49
AlCu7XX	T7	200	200	250	30	0.601	0.968	2.79	162.35
AlCu7XX	T7	200	200	250	30	0.591	0.969	2.79	159.66
AlCu7XX	T7	200	200	250	30	0.612	0.969	2.79	165.34
AlCu7XX	T7	200	200	300	30	0.613	0.987	2.78	168.11
AlCu7XX	T7	200	200	300	30	0.598	0.988	2.779	164.29
AlCu7XX	T7	200	200	300	30	0.586	0.989	2.779	160.99
AlCu7XX	T7	200	200	300	30	0.587	0.989	2.778	161.39
AlCu7XX	T7	200	200	300	30	0.593	0.989	2.779	162.86
AlCu7XX	T7	200	200	25	50	0.622	0.868	2.837	153.27
AlCu7XX	T7	200	200	25	50	0.58	0.868	2.837	142.73
AlCu7XX	T7	200	200	25	50	0.629	0.868	2.837	154.96
AlCu7XX	T7	200	200	25	50	0.572	0.868	2.837	140.91
AlCu7XX	T7	200	200	25	50	0.59	0.868	2.837	145.29
AlCu7XX	T7	200	200	50	50	0.569	0.877	2.833	141.45
AlCu7XX	T7	200	200	50	50	0.583	0.879	2.832	145.23
AlCu7XX	T7	200	200	50	50	0.624	0.881	2.832	155.70
AlCu7XX	T7	200	200	50	50	0.606	0.882	2.831	151.44
AlCu7XX	T7	200	200	50	50	0.609	0.882	2.831	152.02
AlCu7XX	T7	200	200	100	50	0.612	0.905	2.822	156.27
AlCu7XX	T7	200	200	100	50	0.614	0.905	2.822	156.79
AlCu7XX	T7	200	200	100	50	0.599	0.906	2.822	153.02
AlCu7XX	T7	200	200	100	50	0.614	0.906	2.822	156.87
AlCu7XX	T7	200	200	100	50	0.605	0.906	2.822	154.56
AlCu7XX	T7	200	200	150	50	0.629	0.928	2.811	163.96
AlCu7XX	T7	200	200	150	50	0.594	0.928	2.811	155.01
AlCu7XX	T7	200	200	150	50	0.618	0.928	2.811	161.22
AlCu7XX	T7	200	200	150	50	0.598	0.928	2.811	156.02
AlCu7XX	T7	200	200	150	50	0.604	0.928	2.811	157.63
AlCu7XX	T7	200	200	200	50	0.626	0.949	2.801	166.40
AlCu7XX	T7	200	200	200	50	0.613	0.949	2.801	162.97
AlCu7XX	T7	200	200	200	50	0.608	0.949	2.801	161.67
AlCu7XX	T7	200	200	200	50	0.613	0.949	2.801	162.97
AlCu7XX	T7	200	200	200	50	0.616	0.949	2.801	163.81
AlCu7XX	T7	200	200	250	50	0.627	0.968	2.79	169.24
AlCu7XX	T7	200	200	250	50	0.624	0.969	2.79	168.66
AlCu7XX	T7	200	200	250	50	0.605	0.969	2.79	163.63
AlCu7XX	T7	200	200	250	50	0.637	0.969	2.79	172.14
AlCu7XX	T7	200	200	250	50	0.598	0.969	2.79	161.71
AlCu7XX	T7	200	200	300	50	0.617	0.988	2.779	169.50
AlCu7XX	T7	200	200	300	50	0.611	0.988	2.779	167.88
AlCu7XX	T7	200	200	300	50	0.616	0.989	2.779	169.30
AlCu7XX	T7	200	200	300	50	0.587	0.989	2.778	161.24
AlCu7XX	T7	200	200	300	50	0.632	0.989	2.778	173.77

Tabla E9 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu7XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm2/s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm3)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu7XX	T7	250	200	25	20	0.61	0.868	2.837	150.31
AlCu7XX	T7	250	200	25	20	0.522	0.868	2.837	128.64
AlCu7XX	T7	250	200	25	20	0.558	0.868	2.837	137.29
AlCu7XX	T7	250	200	25	20	0.568	0.868	2.837	139.81
AlCu7XX	T7	250	200	25	20	0.568	0.868	2.837	139.80
AlCu7XX	T7	250	200	50	20	0.616	0.877	2.833	153.05
AlCu7XX	T7	250	200	50	20	0.616	0.879	2.832	153.34
AlCu7XX	T7	250	200	50	20	0.612	0.881	2.832	152.81
AlCu7XX	T7	250	200	50	20	0.59	0.882	2.831	147.31
AlCu7XX	T7	250	200	50	20	0.602	0.882	2.831	150.36
AlCu7XX	T7	250	200	100	20	0.631	0.903	2.823	160.92
AlCu7XX	T7	250	200	100	20	0.601	0.906	2.822	153.70
AlCu7XX	T7	250	200	100	20	0.598	0.906	2.822	153.01
AlCu7XX	T7	250	200	100	20	0.618	0.907	2.821	158.10
AlCu7XX	T7	250	200	100	20	0.608	0.907	2.822	155.66
AlCu7XX	T7	250	200	150	20	0.606	0.925	2.813	157.66
AlCu7XX	T7	250	200	150	20	0.618	0.929	2.811	161.32
AlCu7XX	T7	250	200	150	20	0.604	0.929	2.811	157.60
AlCu7XX	T7	250	200	150	20	0.614	0.929	2.811	160.34
AlCu7XX	T7	250	200	150	20	0.61	0.929	2.811	159.36
AlCu7XX	T7	250	200	200	20	0.624	0.946	2.802	165.36
AlCu7XX	T7	250	200	200	20	0.629	0.949	2.801	167.19
AlCu7XX	T7	250	200	200	20	0.618	0.949	2.801	164.15
AlCu7XX	T7	250	200	200	20	0.622	0.949	2.801	165.32
AlCu7XX	T7	250	200	200	20	0.597	0.949	2.801	158.71
AlCu7XX	T7	250	200	250	20	0.612	0.966	2.792	165.08
AlCu7XX	T7	250	200	250	20	0.628	0.969	2.79	169.75
AlCu7XX	T7	250	200	250	20	0.598	0.969	2.79	161.65
AlCu7XX	T7	250	200	250	20	0.612	0.969	2.79	165.48
AlCu7XX	T7	250	200	250	20	0.626	0.969	2.79	169.36
AlCu7XX	T7	250	200	300	20	0.603	0.987	2.78	165.41
AlCu7XX	T7	250	200	300	20	0.611	0.989	2.779	167.83
AlCu7XX	T7	250	200	300	20	0.612	0.989	2.778	168.22
AlCu7XX	T7	250	200	300	20	0.616	0.989	2.778	169.23
AlCu7XX	T7	250	200	300	20	0.572	0.989	2.778	157.28
AlCu7XX	T7	250	200	25	30	0.577	0.868	2.837	142.13
AlCu7XX	T7	250	200	25	30	0.526	0.868	2.837	129.59
AlCu7XX	T7	250	200	25	30	0.585	0.868	2.837	144.12
AlCu7XX	T7	250	200	25	30	0.621	0.868	2.837	152.97
AlCu7XX	T7	250	200	25	30	0.627	0.868	2.837	154.31
AlCu7XX	T7	250	200	50	30	0.608	0.878	2.833	151.30
AlCu7XX	T7	250	200	50	30	0.584	0.881	2.832	145.83
AlCu7XX	T7	250	200	50	30	0.606	0.882	2.831	151.26
AlCu7XX	T7	250	200	50	30	0.605	0.882	2.831	151.09
AlCu7XX	T7	250	200	50	30	0.613	0.882	2.831	152.95

Tabla E10. Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu7XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu7XX	T7	250	200	100	30	0.595	0.905	2.822	152.01
AlCu7XX	T7	250	200	100	30	0.62	0.905	2.822	158.25
AlCu7XX	T7	250	200	100	30	0.595	0.906	2.822	152.03
AlCu7XX	T7	250	200	100	30	0.606	0.906	2.822	154.90
AlCu7XX	T7	250	200	100	30	0.605	0.907	2.821	154.86
AlCu7XX	T7	250	200	150	30	0.608	0.927	2.812	158.40
AlCu7XX	T7	250	200	150	30	0.615	0.928	2.812	160.56
AlCu7XX	T7	250	200	150	30	0.604	0.928	2.811	157.46
AlCu7XX	T7	250	200	150	30	0.605	0.929	2.811	157.95
AlCu7XX	T7	250	200	150	30	0.595	0.929	2.811	155.39
AlCu7XX	T7	250	200	200	30	0.607	0.949	2.801	161.42
AlCu7XX	T7	250	200	200	30	0.615	0.949	2.801	163.49
AlCu7XX	T7	250	200	200	30	0.625	0.949	2.801	166.19
AlCu7XX	T7	250	200	200	30	0.565	0.949	2.801	150.24
AlCu7XX	T7	250	200	200	30	0.609	0.95	2.801	162.00
AlCu7XX	T7	250	200	250	30	0.611	0.967	2.791	164.89
AlCu7XX	T7	250	200	250	30	0.613	0.969	2.79	165.67
AlCu7XX	T7	250	200	250	30	0.599	0.969	2.79	161.83
AlCu7XX	T7	250	200	250	30	0.617	0.969	2.79	166.78
AlCu7XX	T7	250	200	250	30	0.598	0.97	2.79	161.79
AlCu7XX	T7	250	200	300	30	0.589	0.988	2.779	161.69
AlCu7XX	T7	250	200	300	30	0.623	0.989	2.779	171.27
AlCu7XX	T7	250	200	300	30	0.596	0.989	2.779	163.69
AlCu7XX	T7	250	200	300	30	0.61	0.989	2.778	167.50
AlCu7XX	T7	250	200	300	30	0.595	0.989	2.778	163.59
AlCu7XX	T7	250	200	25	50	0.585	0.868	2.837	143.94
AlCu7XX	T7	250	200	25	50	0.574	0.868	2.837	141.41
AlCu7XX	T7	250	200	25	50	0.607	0.868	2.837	149.44
AlCu7XX	T7	250	200	25	50	0.611	0.868	2.837	150.38
AlCu7XX	T7	250	200	25	50	0.539	0.868	2.837	132.78
AlCu7XX	T7	250	200	50	50	0.604	0.878	2.833	150.23
AlCu7XX	T7	250	200	50	50	0.589	0.881	2.832	147.04
AlCu7XX	T7	250	200	50	50	0.591	0.882	2.831	147.46
AlCu7XX	T7	250	200	50	50	0.594	0.882	2.831	148.43
AlCu7XX	T7	250	200	50	50	0.609	0.882	2.831	151.97
AlCu7XX	T7	250	200	100	50	0.586	0.906	2.822	149.76
AlCu7XX	T7	250	200	100	50	0.576	0.907	2.822	147.47
AlCu7XX	T7	250	200	100	50	0.59	0.906	2.822	150.93
AlCu7XX	T7	250	200	100	50	0.586	0.906	2.822	149.71
AlCu7XX	T7	250	200	100	50	0.578	0.907	2.821	147.85
AlCu7XX	T7	250	200	150	50	0.6	0.929	2.811	156.70
AlCu7XX	T7	250	200	150	50	0.585	0.929	2.811	152.81
AlCu7XX	T7	250	200	150	50	0.595	0.929	2.811	155.44
AlCu7XX	T7	250	200	150	50	0.598	0.929	2.811	156.18
AlCu7XX	T7	250	200	150	50	0.597	0.929	2.811	155.83

Tabla E11 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu7XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm ² /s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm ³)	Cond. Term (W/mK ²)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu7XX	T7	250	200	200	50	0.599	0.95	2.801	159.29
AlCu7XX	T7	250	200	200	50	0.574	0.95	2.801	152.80
AlCu7XX	T7	250	200	200	50	0.623	0.95	2.801	165.73
AlCu7XX	T7	250	200	200	50	0.594	0.95	2.801	158.11
AlCu7XX	T7	250	200	200	50	0.589	0.95	2.8	156.57
AlCu7XX	T7	250	200	250	50	0.594	0.97	2.79	160.82
AlCu7XX	T7	250	200	250	50	0.602	0.97	2.79	162.84
AlCu7XX	T7	250	200	250	50	0.599	0.969	2.79	161.96
AlCu7XX	T7	250	200	250	50	0.594	0.969	2.79	160.52
AlCu7XX	T7	250	200	250	50	0.609	0.97	2.79	164.86
AlCu7XX	T7	250	200	300	50	0.599	0.99	2.778	164.74
AlCu7XX	T7	250	200	300	50	0.579	0.99	2.778	159.11
AlCu7XX	T7	250	200	300	50	0.587	0.99	2.778	161.34
AlCu7XX	T7	250	200	300	50	0.583	0.99	2.778	160.39
AlCu7XX	T7	250	200	300	50	0.627	0.99	2.778	172.35
AlCu7XX	T7	300	200	25	20	0.575	0.868	2.837	141.55
AlCu7XX	T7	300	200	25	20	0.615	0.868	2.837	151.40
AlCu7XX	T7	300	200	25	20	0.583	0.868	2.837	143.64
AlCu7XX	T7	300	200	25	20	0.596	0.868	2.837	146.78
AlCu7XX	T7	300	200	25	20	0.578	0.868	2.837	142.43
AlCu7XX	T7	300	200	50	20	0.641	0.877	2.833	159.26
AlCu7XX	T7	300	200	50	20	0.638	0.879	2.832	158.78
AlCu7XX	T7	300	200	50	20	0.611	0.882	2.831	152.45
AlCu7XX	T7	300	200	50	20	0.63	0.882	2.831	157.40
AlCu7XX	T7	300	200	50	20	0.614	0.882	2.831	153.28
AlCu7XX	T7	300	200	100	20	0.625	0.906	2.822	159.72
AlCu7XX	T7	300	200	100	20	0.617	0.907	2.822	158.03
AlCu7XX	T7	300	200	100	20	0.626	0.907	2.822	160.29
AlCu7XX	T7	300	200	100	20	0.615	0.907	2.821	157.29
AlCu7XX	T7	300	200	100	20				
AlCu7XX	T7	300	200	150	20	0.638	0.926	2.813	166.11
AlCu7XX	T7	300	200	150	20	0.632	0.929	2.811	165.16
AlCu7XX	T7	300	200	150	20	0.613	0.929	2.811	160.10
AlCu7XX	T7	300	200	150	20	0.626	0.929	2.811	163.44
AlCu7XX	T7	300	200	150	20	0.611	0.929	2.811	159.56
AlCu7XX	T7	300	200	200	20	0.646	0.947	2.802	171.45
AlCu7XX	T7	300	200	200	20	0.666	0.949	2.801	177.13
AlCu7XX	T7	300	200	200	20	0.614	0.95	2.801	163.32
AlCu7XX	T7	300	200	200	20	0.636	0.949	2.801	169.05
AlCu7XX	T7	300	200	200	20	0.634	0.95	2.801	168.66
AlCu7XX	T7	300	200	250	20	0.629	0.966	2.792	169.64
AlCu7XX	T7	300	200	250	20	0.629	0.969	2.79	170.04
AlCu7XX	T7	300	200	250	20	0.626	0.97	2.79	169.38
AlCu7XX	T7	300	200	250	20	0.624	0.97	2.79	168.90
AlCu7XX	T7	300	200	250	20	0.621	0.969	2.79	167.86

Tabla E12 .Resultados de Análisis de Conductividad Térmica, aleación AlCu7XX.

Aleación	TT	Preacondicionado		Temp. De Ensayo (°C)	EDS	Dif. Térm. (cm2/s)	Cp (J/gK)	Densidad (g/cm3)	Cond. Term (W/mK2)
		Temp. (°C)	Tiempo (hrs)						
AlCu7XX	T7	300	200	50	50	0.62	0.878	2.833	154.18
AlCu7XX	T7	300	200	50	50	0.577	0.88	2.832	143.92
AlCu7XX	T7	300	200	50	50	0.63	0.882	2.831	157.27
AlCu7XX	T7	300	200	50	50	0.589	0.881	2.832	146.86
AlCu7XX	T7	300	200	50	50	0.605	0.882	2.831	151.03
AlCu7XX	T7	300	200	100	50	0.614	0.905	2.822	156.68
AlCu7XX	T7	300	200	100	50	0.608	0.906	2.822	155.34
AlCu7XX	T7	300	200	100	50	0.607	0.906	2.822	155.19
AlCu7XX	T7	300	200	100	50	0.614	0.906	2.822	157.01
AlCu7XX	T7	300	200	100	50	0.616	0.907	2.821	157.62
AlCu7XX	T7	300	200	150	50	0.627	0.927	2.812	163.57
AlCu7XX	T7	300	200	150	50	0.604	0.928	2.811	157.54
AlCu7XX	T7	300	200	150	50	0.618	0.928	2.812	161.35
AlCu7XX	T7	300	200	150	50	0.645	0.928	2.812	168.28
AlCu7XX	T7	300	200	150	50	0.629	0.928	2.811	164.15
AlCu7XX	T7	300	200	200	50	0.64	0.949	2.801	170.14
AlCu7XX	T7	300	200	200	50	0.617	0.949	2.801	164.13
AlCu7XX	T7	300	200	200	50	0.63	0.949	2.801	167.39
AlCu7XX	T7	300	200	200	50	0.649	0.949	2.801	172.51
AlCu7XX	T7	300	200	200	50	0.611	0.949	2.801	162.47
AlCu7XX	T7	300	200	250	50	0.633	0.969	2.79	171.07
AlCu7XX	T7	300	200	250	50	0.626	0.969	2.79	169.23
AlCu7XX	T7	300	200	250	50	0.643	0.969	2.79	173.85
AlCu7XX	T7	300	200	250	50	0.637	0.969	2.79	172.14
AlCu7XX	T7	300	200	250	50	0.631	0.97	2.79	170.64
AlCu7XX	T7	300	200	300	50	0.62	0.988	2.779	170.35
AlCu7XX	T7	300	200	300	50	0.611	0.989	2.779	168.01
AlCu7XX	T7	300	200	300	50	0.623	0.989	2.778	171.21
AlCu7XX	T7	300	200	300	50	0.628	0.989	2.779	172.60
AlCu7XX	T7	300	200	300	50	0.617	0.989	2.778	169.44

Resumen Autobiográfico

Alma Graciela Esmeralda Gómez

**Candidata al Grado de Doctor En Ciencias de la Ingeniería Mecánica con
Especialidad en Materiales con el tema de Tesis:
"Desarrollo de aleaciones aluminio cobre de alto desempeño para la
industria automotriz."**

Nacida el 10 de Julio de 1987 en Saltillo Coahuila México, hija de la Sra. Alma Rosa Gómez Pardo y José Ángel Esmeralda Colunga.

La M.C. Alma Graciela Esmeralda Gómez curso sus estudios de licenciatura en el Instituto Tecnológico de Saltillo (ITS) durante el periodo 2004-2009, obteniendo el grado de Ingeniera en Materiales por Tesis realizada sobre "Análisis microestructural de una soldadura por fricción-agitación de acero inoxidable 304-316" en conjunto con una universidad de UTHA y el apoyo de la Dirección General de Educación Tecnológica (DGEST), se desarrollo como practicante en el departamento de desarrollo de nuevos productos en la empresa Nemak S.A. de C.V. en el año 2009.

En el año 2012 participo como expositora en el congreso mundial de fundición llevado a cabo en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, con su trabajo "Mechanical Properties on Aluminum alloys whiting a wide range of temperature" y en ese mismo año obtuvo el grado de Maestro en ciencias de la ingeniería con especialidad en materiales por

tesis realizada sobre "Propiedades mecánicas en aleaciones de aluminio vaciadas desde temperatura ambiente hasta 300°C" con el apoyo de la empresa Nemak S.A. de C.V.

En 2013 se integró al programa doctoral de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad Autónoma de Nuevo León y como tesista en el departamento de Investigación y Desarrollo de la empresa Nemak S.A de C.V.

En 2016 se integró como docente técnica al Colegio Técnico Don Bosco, colaboro con la actualización y mejora de retícula del plan de estudios para el área de Fundición además de impartir materias de la misma especialidad y colaboro en el centro de capacitación técnico del mismo, impartiendo cursos para capacitación técnica de personal de las principales empresas de la región, en el mismo año participo como expositora en la Sociedad Mexicana de Fundidores en Saltillo Coahuila.

Actualmente colabora en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Coahuila en el Laboratorio de Innovación y Desarrollo Ingenieril de Sustentabilidad Energética de Coahuila como encargada del área de microscopia electrónica. Adicionalmente cuenta con experiencia en la manufactura de aleaciones de aluminio para su venta en la industria, proyecto consolidado desde Octubre de 2015.

Publicaciones Científicas

Se presentan las referencias de las publicaciones científicas relevantes en las que ha participado la autora del presente trabajo de Tesis:

- A. Esmeralda, A. Rodríguez, J. Talamantes y R. Colás, "Mechanical properties on Aluminum alloys within a wide range of temperature" 70th World Foundry Congress, J.A. Lazcano P. y A. Reyes, eds., 05_25_16_02, 2012.
- A.G. Esmeralda, A. Rodríguez, J. Talamantes Silva y R. Colás, "Temperature dependence of heat treated aluminum alloys", 2nd Mediterranean Conference & New Challenges on Heat Treatment and Surface Engineering, Croatian Society for Heat Treatment and Surface Engineering, B. Smoljan y B. Matijević (eds.), Zagreb, 2013, 407-412.
- H. Arenas-García, A.G. Esmeralda, R. Colás, A.F. Rodríguez, J. Talamantes-Silva, "Thermal Diffusivity in cast aluminum alloys", International Federation of Heat Treatment and Surface Engineering 2006, ASM Int., Materials Park, 2016, 487-493.
- A.G. Esmeralda, A. Rodríguez, J. Talamantes-Silva y R. Colás. "Temperature dependent properties of heat treated aluminum alloys", International Heat Treatment and Surface Engineering, vol. 8 (2014) pp. 65-69.